



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

ENSEÑANZA DE LA RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA A TRAVÉS DE LA METODOLOGÍA DE APRENDIZAJE ACTIVO

ANGELA MARCELA CÁRDENAS CARRILLO

LICENCIADA EN FÍSICA

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias
Bogotá, Colombia
2014

ENSEÑANZA DE LA RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA A TRAVÉS DE LA METODOLOGÍA DE APRENDIZAJE ACTIVO

ANGELA MARCELA CÁRDENAS CARRILLO

LICENCIADA EN FÍSICA

Trabajo Final presentado como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales.

Director:

PhD., Ciencias – Física. Freddy Alberto Monroy Ramírez

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias
Bogotá, Colombia
2014

Agradecimientos

A Dios por el regalo maravilloso de la vida, y por otorgarme el don de la Libertad como instrumento de discernimiento en cada situación compleja de mi existencia.

A mi esposo, mi confidente y cómplice de sueños, proyectos, tristezas y alegrías, gracias por su comprensión y por acompañarme en la búsqueda de un peldaño más en mi proyecto profesional.

A mis padres por su apoyo y amor incondicional, sus consejos siempre oportunos son fundamentales cuando la cotidianidad se convierte en un laberinto sin salida.

A mis hermanitos que representan el amor fraterno y el valor de la familia, imprescindible en la realización humana.

A la Universidad Nacional, a los Maestros, especialmente al profesor Freddy Alberto Monroy Ramírez por su creer en mí, por su dedicación y por sus orientaciones sabias y oportunas en el presente trabajo de grado. Finalmente a cada una de las personas que constituyeron en el desarrollo de las competencias y conocimientos esenciales de la Maestría.

Resumen

El presente trabajo fortalece la enseñanza de la radiación electromagnética en diferentes dispositivos electrónicos, tales como, el celular, la radio, la televisión, y el *Wi Fi*, a través de la Metodología de Aprendizaje Activo (*MAA*); dado que este tema generalmente en libros de texto de secundaria se enmarca en la enseñanza de las ondas, y se limita a referirse a ella como un tipo de onda (ondas electromagnéticas) de la cual se hace uso en diversas aplicaciones, dejándolo únicamente desde el punto de vista teórico; por tanto el trabajo experimental se hace fundamental en el desarrollo de la propuesta, en especial por la metodología empleada.

La implementación se realizó en la Institución Educativa Distrital (IED) República Estados Unidos de América de la ciudad de Bogotá, a estudiantes de grado once; la cual consistía en la aplicación de una prueba diagnóstico al iniciar la propuesta, y otra prueba similar después de la aplicación de la propuesta, con el fin de examinar el avance del aprendizaje de los estudiantes a partir de diversos métodos de comparación.

La implementación de la propuesta didáctica, llevó al diseño de un manual de práctica con las pruebas y las actividades desarrolladas por los estudiantes junto con el docente. De este trabajo fue posible concluir que la *MAA* fue de utilidad en la enseñanza de la radiación electromagnética y se constituye en una alternativa en la enseñanza de la física.

PALABRAS CLAVE: Aprendizaje Activo, Radiación Electromagnética, Trabajo Experimental, Didáctica.

Abstract

This work reinforces teaching of electromagnetic radiation in various electronic mechanisms such as mobile phones, radio, television and Wi Fi through Methodology of Active Learning (MAL). Considering that this subject is addressed generally in secondary school in the lesson about the waves, and it restricts to refer as a type of wave (electromagnetic waves) in which it uses in many applications, only from the theoretical point of view; therefore the experimental work is essential in the development of the proposal, primarily in the methodology used.

The work was done in eleventh grade students in the Institución Educativa Distrital (IED) República Estados Unidos de América. It was applied a diagnosis test at the beginning of the proposal and a similar test after the implementation in order to analyze the progress of student learning through various methods of comparison.

By implementing the teaching proposal was designed a practical manual with tests and activities developed by the students and teacher in the class. From this work we can conclude that the MAL was useful in teaching of the electromagnetic radiation and it provides an alternative in the teaching of physics.

KEY WORDS: Active Learning, Electromagnetic Radiation, Experimental Work, Didactics.

Contenido

Resumen	V
Abstract.....	VI
Lista de Figuras.....	IX
Lista de Fotografías	X
Lista de Tablas	XI
Lista de Graficas	XII
Introducción	1
1. Componente Disciplinar	5
1.1. Campo Electromagnético	5
1.2. Ondas Electromagnéticas	6
1.3. Espectro Electromagnético.....	6
1.4. Ondas de Radio	8
1.5. Antenas.....	8
1.6. Comunicación Inalámbrica	10
1.6.1. Radio y televisión	11
1.7. Celular.....	12
1.7.1. <i>Wi Fi</i>	13
2. Componente Histórico - Epistemológico.....	15
2.1. Relación Electricidad, Magnetismo y Ondas Electromagnéticas.....	15
2.2. Ondas Electromagnéticas y Luz	16
2.3. Inicios de la Comunicación Inalámbrica.....	16

2.4.	Historia de la Radio	17
2.5.	Historia de la Televisión	18
2.6.	Historia del Celular	18
2.7.	Historia del <i>Wi Fi</i>	19
3.	Componente Pedagógico	21
3.1.	Motivación	21
3.2.	Pertinencia de la Propuesta Didáctica desde los Estándares de Educación en Ciencias Naturales.....	22
3.3.	Aprendizaje Activo.....	24
4.	Propuesta Didáctica.....	27
4.1.	Análisis de la Prueba Diagnóstica	29
4.2.	Implementación de la Propuesta	33
4.2.1.	Etapla 1: Introducción a los dispositivos de comunicación que emplean la radiación electromagnética.....	33
4.2.2.	Etapla 2: Aprendizaje Activo y búsqueda de experimentos por parte de los estudiantes.....	37
4.2.3.	Etapla 3: Aplicación de MAA por parte de los estudiantes.	37
4.3.	Análisis de Prueba Final.....	45
4.4.	Comparación entre Prueba Diagnóstica y Prueba Final	49
4.4.1.	Análisis a partir del índice de dificultad y factor de concentración	51
4.4.2.	Ganancia de Hake	54
5.	Conclusiones y Recomendaciones.....	59
5.1.	Conclusiones.....	59
5.2.	Recomendaciones.....	60
	BIBLIOGRAFIA	63
A.	Anexo: Gráficas de Resultado de Prueba Diagnóstica.....	67
B.	Anexo: Gráficas de Resultado de Prueba Final	68
C.	Anexo: Manual de la Práctica	71

Lista de Figuras

Figura 1-1 <i>Espectro Electromagnético</i>	¡Error! Marcador no definido.
Figura 1-2 <i>Antena Dipolo</i>	¡Error! Marcador no definido.
Figura 1-3 <i>Emisor de Amplitud Modulada</i>	¡Error! Marcador no definido.

Lista de Fotografías

Fotografía 4-1 Resultados pregunta 18 prueba diagnóstico.....	32
Fotografía 4-2 Resultados pregunta 19 prueba diagnóstico.....	32
Fotografía 4-3 Resultados pregunta 20 prueba diagnóstico.....	33
Fotografía 4-4 Exposición Wi Fi	34
Fotografía 4-5 Exposición Celular	35
Fotografía 4-6 Exposición Radio	35
Fotografía 4-7 Exposición Televisión	36
Fotografía 4-8 Dispositivos realizados en la propuesta didáctica.....	37
Fotografía 4-9 Radio Casera.....	38
Fotografía 4-10 Hoja de respuestas de actividad 1	39
Fotografía 4-11 Antena de televisión casera.....	40
Fotografía 4-12 Hoja de respuestas de actividad 2.....	41
Fotografía 4-13 Antena repetidora casera de celular	42
Fotografía 4-14 Hoja de respuestas de actividad 3.....	44
Fotografía 4-15 Resultados pregunta 18 de la prueba final	48
Fotografía 4-16 Resultados pregunta 19 de la prueba final	49
Fotografía 4-17 Resultados pregunta 20 de la prueba final	49

Lista de Tablas

Tabla 1-1 <i>Normas 802.11 de Wi Fi</i>	14
Tabla 4-1 <i>Objetivo de las preguntas</i>	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 4-2 <i>Resultados de preguntas correctas de la prueba diagnóstico</i>	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 4-3 <i>Resultados de preguntas correctas de la prueba final</i>	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 4-4 <i>Índice de dificultad de la Prueba</i>	51
Tabla 4-5 <i>Concentración Vs Puntaje de la prueba diagnóstico y final</i>	53
Tabla 4-6 <i>Valor de Categorización de la Ganancia de Hake</i>	55
Tabla 4-7 <i>Ganancia por pregunta</i>	55
Tabla 4-8 <i>Ganancia por pregunta eliminando preguntas de índice de dificultad Muy Fácil y Muy Difícil</i>	¡Error! Marcador no definido.

Lista de Graficas

Gráfica 4-1 <i>Concentración Vs Puntaje de la prueba diagnóstico y final</i>	53
Gráfica 4-2 <i>Ganancia por pregunta</i>	55
Gráfica 4-3 <i>Ganancia por pregunta eliminando preguntas de índice de dificultad Muy Fácil y Muy Difícil</i>	56

Introducción

Las aplicaciones de la radiación electromagnética son múltiples debido a los avances tecnológicos, pues día a día los humanos somos usuarios y en muchas ocasiones dependientes inconscientemente de esta radiación sin conocer el cómo y cuándo se utiliza. Por tanto, en todos los ámbitos sociales es común el uso de dispositivos electrónicos de comunicación, tales como el celular, la televisión, la radio, y el *Wireless Free Internet (Wi Fi)*. En consonancia con ello, se percibe una dependencia generalizada en la sociedad actual de los dispositivos mencionados, lo que se puede evidenciar en nuestros salones de clase, donde un número significativo de estudiantes están “conectados” a su celular, ya sea hablando, escuchando radio, jugando, o accediendo a internet, sin ser conscientes de la relación de esos dispositivos con la ciencia y sus aplicaciones.

Es así que desde el planteamiento de la propuesta didáctica diseñada, se quiso abordar la enseñanza de la radiación electromagnética a través del funcionamiento de dispositivos de comunicación tales como la radio, la televisión, el celular y el *Wi Fi* aplicando la Metodología de Aprendizaje Activo (MAA), en estudiantes de grado once de la Institución Educativa Distrital República Estados Unidos de América para la asignatura de física.

La razón por la cual la propuesta didáctica está enfocada al empleo de la MAA, se debe en primer lugar porque el estudiante es considerado como el artífice de su aprendizaje, y el maestro es tan solo un guía, donde su reto es crear estrategias que permitan el aprendizaje de conceptos con el interés de los estudiantes por hacerlo, situación que generalmente no se presenta en clases tradicionales. Y en segundo lugar, porque con esta metodología se han obtenido buenos resultados, principalmente en los talleres de *Aprendizaje Activo de Óptica y Fotónica (Active Learning in Optics and Photonics–ALOP)* promovidos por la UNESCO, con materiales de bajo costo y fácil consecución (Lakhdar, 2006) y que han sido desarrollados en muchos países y en particular impulsados por la Universidad Nacional de Colombia en nuestro país y en la Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Colombia en Bogotá.

En consecuencia se diseña la propuesta haciendo uso de la MAA, la cual inicia con una prueba diagnóstica y culmina con una prueba de final similar a la diagnóstica. Esta prueba diagnóstica se aplica con el fin de identificar los preconceptos respecto a la radiación electromagnética y su relación con el funcionamiento de dispositivos que la

emplean; y la prueba final tiene como objetivo examinar la evolución en el aprendizaje de los estudiantes después de aplicar la propuesta diseñada.

La implementación de la propuesta se divide en tres etapas:

Primera etapa: Introducción a los dispositivos de comunicación que emplean la radiación electromagnética.

En esta etapa se divide los estudiantes en pequeños grupos a los cuales se les asigna uno de los dispositivos de comunicación que se trabajarían (radio, televisión, celular, *Wi Fi*), para que indagaran y consultaran su funcionamiento, con el fin de que se realizara una exposición y se diseñara una maqueta que evidenciara lo comprendido acerca del funcionamiento. El objetivo de esta etapa de la implementación es evidenciar que tan útil puede ser esta metodología en el aprendizaje de los estudiantes, pues es una metodología tradicional en un salón de clase.

Segunda etapa: Aprendizaje Activo y búsqueda de experimentos por parte de los estudiantes.

En esta etapa se dividen de nuevo los estudiantes en pequeños grupos con el objetivo, en primer lugar de realizar una búsqueda de un dispositivo experimental hecho por ellos mismos, con materiales de bajo costo y fácil consecución, y en segundo lugar, de enseñarles la metodología de aprendizaje activo y la aplicaran con sus compañeros una vez ya tenían diseñado su dispositivo experimental.

Tercera etapa: Aplicación de la MAA por parte de los estudiantes.

El docente realiza las guías aplicando la MAA, cuando ya se tiene claro el dispositivo construido, y los estudiantes se encargan del desarrollo de la clase siguiendo las pautas de la metodología. En este punto el docente continúa siendo un guía de la clase e interviene cuando es necesario.

Se aplican tres actividades relacionadas con el funcionamiento de la radio, la televisión, y la tercera integra el celular y el *Wi Fi*. En el desarrollo de estas actividades es fundamental la construcción de predicciones individuales, y grupales, para que posterior a la muestra del funcionamiento del dispositivo experimental diseñado, contrasten sus predicciones con los resultados observados.

Finalmente, cuando se desarrolla la prueba diagnóstico, la implementación de la propuesta, y la prueba final, es posible contrastar lo aprendido por los estudiantes a partir de la comparación de las dos pruebas. Para tal fin se analizaron cada una de las preguntas con sus resultados respectivos, y se compararon éstas pruebas empleando el índice de dificultad de Doran (citado por Garduño L., López A., y Mora C, 2013), el factor de concentración de Bao y Redisch (Citado por Barbosa L., Mora C., Talero P., y Organista O., 2011, p. 4309-4), y la ganancia de Hake (Citado por Barbosa L. et al, 2011, p. 4309-6).

Por tanto, este trabajo emplea los métodos de comparación citados anteriormente, para evaluar la evolución del aprendizaje de estudiantes después de desarrollar la propuesta, encontrando satisfactoriamente que la *MAA*, es una herramienta útil y eficaz en la enseñanza de la física.

1. Componente Disciplinar

Para comprender cómo actúa la radiación electromagnética en algunos dispositivos empleados para la comunicación, tales como la radio, la televisión, el celular, y el *Wi Fi*, es necesario recordar algunos conceptos básicos en lo referente al campo electromagnético, la luz, y la misma radiación electromagnética.

1.1. Campo Electromagnético

Maxwell es conocido por la formulación matemática de la teoría electromagnética, donde logró integrar la electricidad, el magnetismo y la luz. Así, la interacción electromagnética se fundamenta en la idea que:

... los campos eléctrico y magnético son descripciones complementarias que se derivan de la misma propiedad básica de la materia: la carga eléctrica. (Beléndez, 2008, p. 2601-2)

Con la síntesis de su obra matemática, también permitió desarrollar la teoría de ondas electromagnéticas.

Lo que hizo Maxwell fue reunir todo lo que se conocía de electricidad y magnetismo, y reunirlo en una obra titulada: *Tratado de electricidad y Magnetismo*, donde se establecían los principios básicos de la teoría electromagnética.

Uno de los aportes más notables de Maxwell, fue en este campo, pues formuló matemáticamente las ideas de Faraday respecto a la existencia de los campos eléctricos, magnéticos, y las líneas de fuerza, a través de un conjunto de ecuaciones que relacionaban las variables electromagnéticas y describían la interacción electromagnética. Tales ecuaciones, posteriormente Heaviside las resume en las cuatro ecuaciones que se conocen actualmente. (Beléndez, 2008, p. 2601-18)

Dentro de estas ecuaciones se encuentran las dos de Gauss, una para la descripción del campo eléctrico y la otra para el campo magnético; la ley de Faraday - Henry de inducción electromagnética; y la ley de Ampere – Maxwell del flujo de campo magnético, que con la introducción de la corriente de desplazamiento por parte de Maxwell se puede concluir que un campo eléctrico variable genera un campo magnético.

Con su teoría bien fundamentada, Maxwell (Citado por Beléndez, 2008, p. 2601-18) demostró que al combinar las ecuaciones de campo electromagnético se originaba una ecuación de onda cuya velocidad era la velocidad de la luz, por lo cual la luz era una onda electromagnética, es decir una vibración de los campos eléctricos y magnéticos (Hecht, 1987, p. 557).

Con la predicción teórica de las ondas electromagnéticas, tan solo quedaba comprobarlo experimentalmente, y quien lo hizo fue Hertz, quien interpretó los resultados de sus experimentos como la confirmación de la existencia de las ondas electromagnéticas propagándose a la velocidad de la luz (Berkson W., 1985, p. 281).

1.2. Ondas Electromagnéticas

Dado que la existencia de las ondas electromagnéticas se había probado con los experimentos de Hertz, resulta importante definir sus características. Dentro de la descripción de éste tipo de ondas es importante mencionar que no requieren necesariamente un medio de propagación, por tanto puede propagarse en el vacío. Como todas las ondas tienen una longitud de onda y frecuencia que las caracteriza, y particularmente para este tipo de ondas siguen la relación:

$$c = \lambda \cdot f \quad (1)$$

donde c es la velocidad de la luz, cuyo valor es aproximadamente 300.000 km/s, λ es la longitud de onda, y f es la frecuencia.

1.3. Espectro Electromagnético

De acuerdo a los resultados experimentales de Hertz, no había motivo por el cual no se pudiesen generar ondas electromagnéticas con diferentes frecuencias, desde las más bajas hasta las más altas, a ese conjunto posible de frecuencias y longitudes de onda que cumplen con el cálculo de la rapidez de propagación (ecuación 1) se le llama el espectro electromagnético.

El espectro electromagnético suele subdividirse en regiones dependiendo de su frecuencia o longitud de onda, sin embargo éstos intervalos no están bien definidos, y pueden estar uno sobre otro; dichas regiones son Rayos Gamma, Rayos X, Ultravioleta, Luz Visible, Infrarrojo, Microondas, y ondas de radio, tal como se muestra en la Figura 1.1.

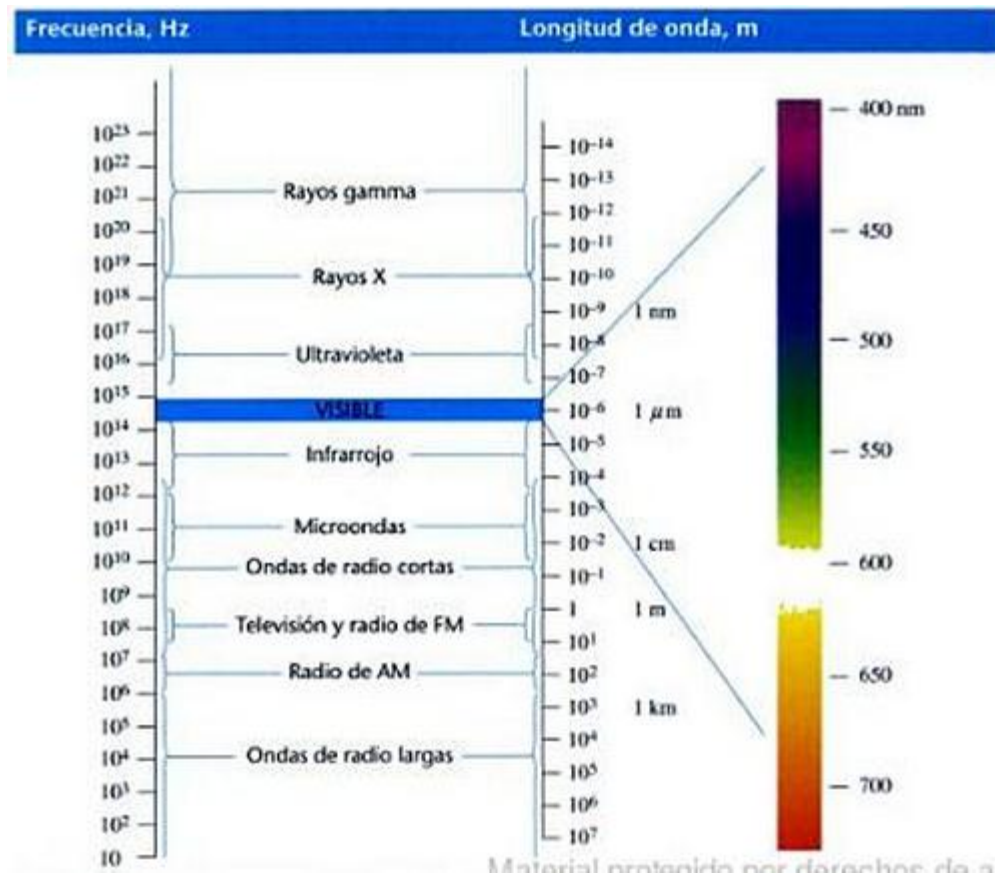


Figura 1- 1 Espectro Electromagnético

Nota Fuente: Tipler. Mosca.(2003). *Física para la ciencia y la tecnología Vol 2 (quinta edición)*. p. 906. Barcelona- España: Reverte.

Las microondas, son las típicas usadas en los hornos para calentar los alimentos, o en los dispositivos que se utilizan para registrar los excesos de velocidad en las calles; el infrarrojo, más conocido y mal llamado *ondas de calor*, pues es la energía que emiten usualmente los objetos calientes; la ultravioleta es la radiación causante del bronceado de la piel, y la activación de la vitamina D, pues portan la suficiente energía para ionizar átomos y romper enlaces químicos (Hecht, 1987, p. 568); los rayos X, tienen longitud de onda muy corta, y frecuencia muy alta, por lo cual penetran fácilmente en materiales que son opacos a ondas de menor frecuencia, que son absorbidas por tales materiales; los rayos gamma son la radiación de mayor energía y menor longitud de onda, son emitidos durante las transiciones nucleares, que se presentan cuando se desintegran los átomos radiactivos.

Queda por describir la radiación del rango visible, que en el espectro se encuentra entre el infrarrojo y el ultravioleta. Dicha región es la que el ojo humano es capaz de percibir, tienen una longitud de onda y una frecuencia que caracteriza los colores. Tienen un rango de frecuencias, donde el violeta es de mayor frecuencia y el rojo de menor frecuencia. Esta radiación electromagnética tiene una variación de longitud de onda comprendida entre 380 nm y 780 nm y entre 384×10^{12} Hz y 789×10^{12} Hz en frecuencia.

Las ondas de radio son las de mayor longitud de onda; este rango contiene las frecuencias de transmisión usuales de la televisión y las de radio, de tal manera que estas últimas se transmiten en Amplitud Modulada (AM) o Frecuencia Modulada (FM).

1.4. Ondas de Radio

Las ondas de radio, que son ondas electromagnéticas, se emplean en buena proporción para la comunicación. Su longitud de onda se extiende desde los milímetros hasta decenas de kilómetros, y su frecuencia desde los kilohertz (KHz) hasta los gigahertz (GHz). Las frecuencias de las ondas de radio se usan para la televisión y la radio en AM y FM, teléfonos celulares, redes inalámbricas, entre otros.

Además, las ondas electromagnéticas y por tanto las ondas de radio, determinan su comportamiento por la longitud de onda y la frecuencia, es así que por una parte, entre mayor sea la longitud de onda, mayor será el alcance, es decir, la onda llegará más lejos y atravesará mejor los obstáculos y los rodeará; y por otra parte entre más corta sea su longitud de onda, podrá transportar más datos.

1.5. Antenas

Las ondas electromagnéticas se generan por la oscilación de campos eléctricos y magnéticos en el espacio; éstas ondas se propagan aproximadamente a la velocidad de la luz; el origen de estas ondas es el movimiento de electrones en un metal conductor, la anterior descripción es el principio básico de funcionamiento de una antena; es decir, una antena es un conductor metálico con capacidad de emitir y/o recibir ondas electromagnéticas (Limman O., 1989, p. 30).

Es así que, las antenas son emisoras cuando se encargan de convertir las señales eléctricas variables en ondas electromagnéticas para emitirlas; y las antenas son receptoras cuando transforman las ondas electromagnéticas en señales eléctricas variables.

La propagación de ondas electromagnéticas, se llama terrestre cuando las ondas viajan dentro de la atmósfera; y las comunicaciones entre dos o más lugares de la Tierra se denominan radiocomunicaciones terrestres, las cuales se pueden propagar de diferentes formas.

Básicamente existen tres formas de propagación terrestre de las ondas electromagnéticas; la propagación de ondas terrestres que son aquellas ondas que viajan por la superficie de la Tierra, ésta forma de propagación se emplea para la comunicación entre barcos, o de los barcos a tierra firme. Se caracteriza por tener frecuencias de alrededor de 15 KHz. La propagación de ondas celestes que son aquellas que se propagan en una dirección que forma un ángulo grande con la superficie de la Tierra, de tal forma que se propagan hacia el cielo, donde son reflejadas o refractadas por la ionosfera hacia la superficie terrestre. Y por último la propagación de ondas espaciales,

donde se incluyen las ondas directas, es decir las ondas que viajan de antena transmisora a antena receptora; y las ondas que se reflejan en el suelo, que son las que refleja la superficie terrestre cuando se propagan de antena emisora a antena receptora (Tomasi W., 2003, p. 359-363).

Además, es de resaltar que cuando se transmiten las ondas directas, el alcance es menor a causa de la curvatura de la Tierra, razón por la cual las antenas emisoras y receptoras deben ubicarse en lugares altos. (Fontal B., 2005, p. 128)

Debe tenerse en cuenta que en el caso de una estación de televisión o radio se quiere que la señal llegue a receptores ubicados en cualquier dirección respecto a la antena, por tal razón la antena emisora maneja altas potencias para radiarlas en todas las direcciones, lo cual lleva a que la antena receptora maneje potencias bajas, dado que se encuentran lejos del lugar de la emisión. Debe agregarse además que la antena receptora debe ser muy direccional para poder captar la señal de la emisión que llega en una dirección determinada (Braun E., 1992, p. 61).

Para relacionar el alcance de una antena con la altura de las mismas se recurre a la expresión:

$$D = 3,6 \cdot (\sqrt{a_1} + \sqrt{a_2}) \quad (2)$$

donde D es el alcance en kilómetros, a_1 es la altura de la antena emisora en metros, y a_2 es la altura de la antena receptora en metros; y la constante 3,6 está expresada en $\text{km/m}^{1/2}$ (Ver deducción de la ecuación (2) en Bracalenti T., 2012, p. 7).

Así:

...una antena tendrá su propia longitud de onda física que será menor a la longitud de onda eléctrica que opera en el espacio libre, provocada por su cercanía con suelo y otros medios conductores... La longitud física es la longitud real que debe tener la antena y es menor que la longitud eléctrica en el espacio libre. Este acortamiento se conoce en la práctica como efecto de borde. (Monachesi E y otros, 2011. p. 13)

Entonces, calcular la longitud de una antena receptora es muy útil para conseguir una buena recepción, y su expresión está dada por

$$L = k \frac{150 \text{ [m/s]}}{f} \quad (3)$$

siendo L la longitud de la antena dipolo¹ en metros, k factor de velocidad², y f la frecuencia en MHz; por tanto la longitud de la antena es inversamente proporcional a la frecuencia. (Monachesi E. y otros, 2011. p.13)

¹ Es la más simple de las antenas y consta de dos elementos metálicos rectilíneos que se colocan en la terminación de una línea que transporta la energía electromagnética de una fuente.

² k = Velocidad de la onda en la antena/velocidad de la onda en el vacío.

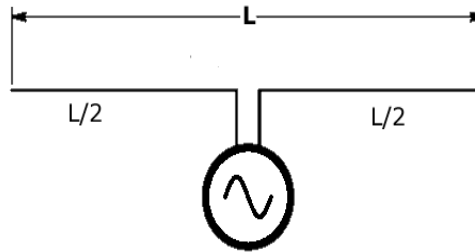


Figura 1- 2 Antena Dipolo

Nota Fuente: Hernández J. (1998). *Antenas: Principios básicos, análisis y diseño*. p. 14. California- USA: Universidad Autónoma de Baja California.

1.6. Comunicación Inalámbrica

Ahora bien, las ondas electromagnéticas son útiles en lo referente a la comunicación inalámbrica, y ésta se ha desarrollado a través de la invención de la radio, la televisión, el celular, y las redes inalámbricas, como el *Wi Fi*, entre otros dispositivos. Este tipo de comunicación no requiere de un medio material para transmitir información, ya sea de sonido, imágenes, o datos, por tanto emplean en su transmisión ondas electromagnéticas.

Esta transmisión puede ser de dos clases, comunicación inalámbrica terrestre o comunicación inalámbrica por satélite. En el caso de comunicación inalámbrica terrestre, los elementos principales son:

- Emisor de radiofrecuencia: Produce la información que se va a transmitir, y en la mayoría de los casos amplifica y modula la señal.
- Antena emisora: Es la encargada de difundir la señal modulada al espacio como ondas electromagnéticas.
- Estaciones terrestres: Dado que la señal disminuye en intensidad a medida que se propaga, entonces se ubican estas estaciones entre la antena emisora y receptora, con el fin de que reciban la señal, la amplifiquen y pueda llegar al lugar de recepción en óptimas condiciones.
- Antena receptora: Recibe la señal de varias frecuencias, pero es débil por lo cual debe ser amplificada.
- Receptor de radiofrecuencia: Se encarga de reconstruir la información transmitida. (Fontal B., 2005, p. 126)

En el caso de comunicación inalámbrica satelital, se emplean dos tipos de elementos, terrestres y espaciales. En lo referente a los terrestres:

- Estaciones: Se encarga de recibir la señal del satélite y de reenviarla.
- Antenas parabólicas: Son aquellas que emiten y reciben las señales al satélite.

En cuanto al elemento espacial son:

- Satélites: Se ubica en la órbita terrestre y actúa como repetidor y amplificador de la señal.

Algunos ejemplos de comunicación inalámbrica son:

1.6.1. Radio y televisión

El sonido que emiten estos medios de comunicación tienen su origen, por una parte en una corriente que oscila a alta frecuencia, que es llamada radiofrecuencia por mantenerse en un rango de valores entre 3×10^4 Hz y 3×10^8 Hz, ésta corriente se amplifica y es utilizada para alimentar un modulador. Por otra parte, los sonidos de estos medios de comunicación vienen de la señal que se desea transmitir, pero esta señal tiene baja frecuencia, la cual se transforma en corriente eléctrica a través de un micrófono, luego se amplifica y también se emplea para alimentar el modulador. Las dos señales, es decir la de alta y la de baja frecuencia, se interfieren en el modulador, generando una corriente de alta frecuencia y modulada en amplitud (amplitud modulada). Esta onda de amplitud modulada se hace pasar por la antena que emitirá las ondas electromagnéticas con igual frecuencia y amplitud a la que la alimentó. Además, es de resaltar que la frecuencia de la emisora que emite la señal es la frecuencia que produce el oscilador. La siguiente figura muestra la situación descrita (Braun E., 1992, p. 72).

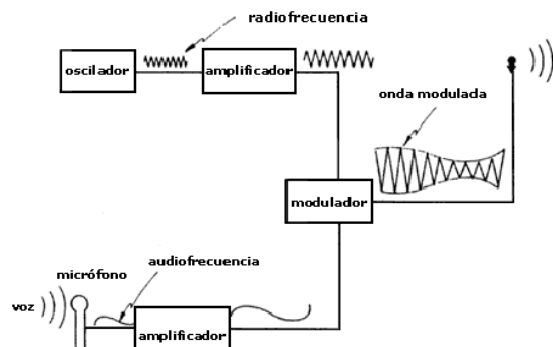


Figura 1- 3 Emisor de Amplitud Modulada

Nota Fuente: Braun E. (1992). *Electromagnetismo: de la Ciencia a la Tecnología*. p. 73. México: Fondo de Cultura Económica.

Las ondas emitidas se propagan en todas las direcciones e inducen una corriente eléctrica en la antena receptora la cual lleva la señal (Braun E., 1992, p. 73).

Entonces, de acuerdo a la anterior descripción, para la transmisión del sonido de la radio o la televisión es necesario adaptar las ondas que serán enviadas, para lo cual se combinan dos ondas; una moduladora, de baja frecuencia y gran longitud de onda que contiene la información a transmitir; y otra portadora, de alta frecuencia y baja longitud de onda que actúa como medio para empaquetar la información de la moduladora.

De acuerdo al tipo de modulación, puede clasificarse en AM o FM, como las más conocidas. Para la AM, la amplitud de la onda transportará el audio, así la amplitud se

modulará mientras que la frecuencia se mantendrá constante. Para la FM, la frecuencia se modulará, dejando así la amplitud constante.

Al modular la amplitud o la frecuencia:

...se puede variar la frecuencia portadora y superponer la información de la voz u otro sonido en radiodifusión o las alteraciones de luz y oscuridad en la imagen de la televisión.... además en la televisión comercial, el sonido se envía por FM y el video por AM. En frecuencia super alta (SHF), el video también se puede enviar por FM, como también para transmitir la televisión digital. (Fontal B., 2005, p. 127)

Es importante señalar que si sólo existe una transmisión en la ciudad donde está el receptor, entonces la señal recibida será ésta misma transmisión. Sin embargo, la situación anterior poco sucede en los lugares donde se escucha radio y se ve la televisión, pues en dichos lugares existen varias emisiones, por tanto cada una de estas emisiones es captada por la antena receptora cuya corriente inducida está formada por todas las frecuencias emitidas. Así, la corriente se hará pasar por un elemento llamado sintonizador que es fundamental en la elección de la emisión que desea la persona que hará uso del radio o la televisión (Braun E., 1992, p. 73).

Es así que con lo mencionado en esta sección, es posible enviar y recibir las señales de radio y/o televisión.

1.7. Celular

Un teléfono celular no es más que un radio transmisor personal, donde los sonidos se convierten en señales electromagnéticas, que viajan a través del aire, siendo recibidas y transformadas nuevamente en mensajes a través de antenas repetidoras o vía satélite, es un dispositivo dual, es decir, que emplea una frecuencia para hablar, y una segunda frecuencia aparte para escuchar (Inzaurrealde M., Isi J., Garderes J., sf, p. 15).

La telefonía a partir del celular emplea ondas electromagnéticas para la propagación de la señal a través del aire. Así, los teléfonos celulares deben pertenecer a una red de telefonía móvil, la cual se encarga de establecer la conexión desde el celular a las estaciones receptoras y emisoras, lo anterior permitirá la comunicación entre los interlocutores al realizar y recibir una llamada.

Dado que las personas que emplean un celular pueden estar en movimiento, fue necesario crear alguna forma por la cual se lograra una gran cobertura; es así que la telefonía móvil se basó en un modelo de células, razón por la cual se le ha dado el nombre de celular a este dispositivo.

Dicho modelo consiste en conjuntos de estaciones, las cuales tienen una cobertura determinada, así un territorio dado se divide en celdas³, teóricamente de forma hexagonal, que son controladas por una estación terrestre que sostiene un número limitado de llamadas. Si al usuario, quien hace una llamada, lo atiende una estación, y él se desplaza y sale de esa celda, entonces será otra estación la que permitirá mantener la llamada; este es el principio básico de llamadas a través de un teléfono celular. Además, en las zonas limítrofes de celdas, éstas se solapan, con el fin de que la llamada no se interrumpa. Cada estación terrestre emplea un rango de frecuencias que es diferente al de las celdas contiguas, para evitar las interferencias entre ellas. A este conjunto de celdas de la red, se le denomina red de cobertura (Inzaurrealde M., et al, sf, p. 17).

Las frecuencias empleadas por los teléfonos celulares están estandarizadas mundialmente, y se emplean principalmente cuatro frecuencias. 850 – 900 – 1800 – 1900 MHz. Particularmente para Colombia, se han empleado las de 850 y 1900 Mhz.

1.7.1. Wi Fi

La red de área local inalámbrica, conocida como WLAN, es un sistema empleado para la comunicación entre dispositivos, como celulares, portátiles, u otros, a través de ondas electromagnéticas. Sin embargo, fue una asociación la que se encargó de certificar equipos WLAN, llamada *Wi Fi Alliance*, dicha organización comercial adopta, prueba y certifica que los equipos cumplen ciertos estándares. (Andreu F., Pellejero I., Lesta A., 2006, p. 18)

El *Wi Fi* conecta y posibilita la comunicación de varios aparatos entre sí utilizando ondas de radio. Se ha diseñado para redes de corta distancia inferiores a 100 metros como promedio al aire libre. (Soyer L., 2005, p. 9)

Para estas redes inalámbricas se necesita un punto de acceso, que se conecta al modem, y un dispositivo *Wi Fi* que se conectará al dispositivo. Una vez hecho esto, se puede ingresar a internet; sin embargo se recomienda la encriptación de la transmisión de datos, para emitir en un entorno seguro.

Con el fin de lograr el acceso a internet, es importante tener en cuenta el alcance de la red, que depende del entorno donde está el punto de acceso, de los dispositivos a conectar, y de su potencia. Así, en un entorno donde existan varios elementos que perturben la propagación de las ondas, el alcance es limitado. Algunos de los elementos que pueden interferir en la propagación de las ondas son el material y grosor de las paredes, o aparatos domésticos como hornos microondas o teléfonos inalámbricos. (Soyer L., 2005, p. 21)

³ Estas celdas cubren un área de 26 km², aproximadamente. Sus estaciones bases terrestres se encuentran entre 1 y 3 km en regiones urbanas, aunque esto puede variar de acuerdo a la densidad de población u obstáculos del territorio. (Inzaurrealde M., et al., sf, p. 15)

El IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos) establece y certifica una norma conocida como 802.11, que es un conjunto de especificaciones que gobiernan los métodos de transmisión en redes inalámbricas, es decir definen el rango, velocidad de la transferencia de información, entre otras; y se ha mejorado desde su creación en 2002.

Por ejemplo con la norma 802.11b, la velocidad de la transmisión de datos es de 11 Mbps usando un ancho de banda de frecuencia de 2.4 GHz. Es así que cuando varios usuarios están conectados a una misma red local, emplean esta frecuencia pero, la velocidad de transferencia disminuye así:

$$velocidad = \frac{11 \text{ Mbps}}{U} \quad (4)$$

siendo U, el número de usuarios.

Si se requiere un uso intensivo por varios usuarios, se sugiere la norma 802.11g, que ofrece una velocidad de 54 Mbps (Soyer L., 2005, p. 23). En cuanto a la frecuencia, los 2.4 GHz no es la única frecuencia utilizada, también se usa 5 GHz pero en menor proporción. A causa de estas frecuencias es que las redes inalámbricas, como la anteriormente descrita, funcionan perfectamente en distancias cortas, dado que a mayor frecuencia, menor alcance en la propagación de la señal. A continuación se muestra una tabla que resume algunas de las normas 802.11 más relevantes con algunas de sus características (Andreu F., et al., 2006, p. 23-24).

Norma	Año	Frecuencia	Velocidad	Velocidad Máxima
802.11b	1999	2.4 GHz	11 Mbps	---
802.11a	1999	5 GHz	54 Mbps	72 – 108 Mbps con versiones propietarias, como Netgear.
802.11g	2003	2.4 GHz	54 Mbps	Hasta 100 Mbps con versiones propietarias.
802.11n	2009	2.4 y 5 GHz	100 Mbps	Hasta 600 Mbps.

Tabla 1- 1 Normas 802.11 de Wi Fi

2. Componente Histórico - Epistemológico

En el capítulo anterior se describieron algunos aspectos disciplinares relacionados con las ondas electromagnéticas y su propagación, para introducir su aplicación en algunos dispositivos básicos que las emplean.

Ahora bien, para comprender la razón por la cual la radiación empleada por algunos dispositivos es un fenómeno electromagnético, es necesario conocer cómo se llegó históricamente a relacionar el campo electromagnético con la luz, y cómo se originaron dispositivos de comunicación que hacen uso de dicha radiación, tales como la radio, la televisión, el celular y el *Wi Fi*.

2.1. Relación Electricidad, Magnetismo y Ondas Electromagnéticas

Es importante iniciar desde Oersted, quien a través de experimentos, demuestra la relación existente entre la electricidad y el magnetismo; tal hecho lo comprobó al mover una brújula cerca de un cable que conducía corriente eléctrica, y notó que la aguja de la brújula se movía. Luego, Ampere logra expresar matemáticamente el descubrimiento de Oersted, y en particular demuestra que dos corrientes ejercen fuerzas entre sí. Posteriormente, este descubrimiento sería una de las leyes de Maxwell.

Con el descubrimiento de Oersted, la comunidad científica de la época realiza más experimentos para continuar la exploración para conocer la relación existente entre la electricidad y el magnetismo.

Así Faraday y Henry, de forma separada pero casi hacia la misma época, precisan en qué condiciones puede observarse el fenómeno contrario al que descubrió Oersted; y así comprueban que la variación del flujo del campo magnético induce una corriente eléctrica, denominadas corrientes inducidas; y a este proceso se le conoce como inducción electromagnética. Luego, este fenómeno será también expresado matemáticamente, e incluido como una de las leyes de Maxwell (Braun E., 1992, p. 17).

2.2. Ondas Electromagnéticas y Luz

Después, Maxwell es quien sintetiza la relación entre electricidad, magnetismo, y luz a través de sus ecuaciones; y consideró la existencia de ondas electromagnéticas (Citado por Beléndez, 2008, p. 2601-18) que se extienden por el espacio como lo hacen olas de agua en un estanque. También encontró que sus ecuaciones predecían el valor de la velocidad con la que se propagan las ondas electromagnéticas y resultó que la velocidad de éstas ondas era la misma velocidad de la luz, de esta forma se confirma la relación tan estrecha entre electricidad, magnetismo, y luz.

Para Maxwell esto no podía ser una casualidad y propuso que la onda electromagnética era precisamente una onda de luz, o como él mismo escribió: esta velocidad es tan similar a la de la luz, que parece que tenemos fuertes razones para concluir que la luz es una perturbación electromagnética en forma de ondas que se propagan a través del campo electromagnético de acuerdo con las leyes del electromagnetismo. (Braun E., 1992, p. 50)

Una vez propuestas las ondas electromagnéticas, tan sólo quedaba detectarlas. Para tal fin, fue Hertz quien diseñó tal dispositivo, de los valores que utilizó para los elementos del circuito, Hertz estimó la frecuencia de la onda y determinó la longitud de onda, para lo cual ya podía calcular su rapidez de propagación, que resultó ser la misma que había predicho Maxwell. Así, experimentalmente se comprobó la relación existente entre electricidad, magnetismo y luz.

2.3. Inicios de la Comunicación Inalámbrica

Hacia 1894 Oliver Lodge desarrolló un sistema de comunicación inalámbrica basado en el trabajo de Crookes, quien propuso las bases de la utilización de las ondas electromagnéticas para transmitir señales telegráficas inalámbricas, donde logró recibir una señal a unos 100 m inicialmente. Pero con cierto desarrollo de su aparato, logró propagarlo hasta por un kilómetro. (Braun E., 1992, p. 62)

Para el desarrollo de dispositivos inalámbricos, Tesla inventó una bobina que lleva su nombre, la cual era bastante útil para el funcionamiento de dichos dispositivos; además diseñó un tubo electrónico como detector para el sistema de radio, así él halló la base para la comunicación a través de radio transmisiones antes de Marconi.

Históricamente Marconi, conocido por sus desarrollos en la radio, construyó los aparatos que Hertz describía en su obra y los perfeccionó conectando al transmisor y al receptor una antena, de esta forma enviaba y detectaba las ondas electromagnéticas, lo anterior le permite a Marconi transmitir señales hasta por siete kilómetros (Szymanczyk O., 2013 . p. 154). En 1896 Marconi obtuvo su primera patente para Inglaterra, y en 1901 logró una comunicación a través del Atlántico, de Inglaterra hasta Canadá.

Hasta ese momento aún no era posible transmitir música o sonidos como telefonía inalámbrica, tan solo zumbidos de duración variable como la telegrafía, para esto serían necesarios algunos desarrollos tecnológicos del nuevo siglo, como los tubos al vacío o el diodo.

Así, al inicio del siglo XX se intenta conseguir la telefonía sin alambres. Dado que el micrófono ya se había inventado en 1878, el cual transformaba la señal acústica en eléctrica, y el audífono que transformaba la señal eléctrica en acústica; entonces:

... Lo que se hizo fue construir un receptor con un alambre que sirviera como antena, o sea el receptor de las ondas electromagnéticas emitidas por el transmisor. Las ondas electromagnéticas que inciden sobre el alambre inducen en él una corriente eléctrica que tiene las mismas características de frecuencia que las ondas incidentes. Esta corriente se introduce en un audífono que la transforma en una onda acústica. (Braun E., 1992, p. 67)

Sin embargo la calidad de la señal no era óptima, por lo cual no fue sino hasta la creación de los tubos de vacío, desarrollados por Lee de Forest, quien los desarrolla como una aplicación para las telecomunicaciones que se pudo obtener una mejor recepción de la señal.

2.4. Historia de la Radio

Marconi se considera como el dueño de la patente de la radio (Szymanczyk O., 2013, p. 154), pero no fue sino hasta el 23 de febrero de 1920 que fue emitido el primer programa de radio en Inglaterra, con lo cual se abre una puerta a la comunicación masiva.

En 1933 Armstrong inventa la emisión de radio a través de la frecuencia modulada FM (antes se hacía por amplitud modulada AM), en Estados Unidos en 1941 con la ventaja de no alterarse con las perturbaciones producidas por el clima o por el mismo hombre.

Es así que la radio debe su existencia a ciertos personajes que la desarrollaron tanto de forma teórica como práctica, sin embargo:

La radio como la conocemos en la actualidad fue la creación de tres hombres de genio, visión, determinación y de gran complejidad: Lee de Forest, autodenominado "padre de la radio", cuya invención del triodo hizo posible el nacimiento de la electrónica moderna; Edwin Howard Armstrong, inventor del circuito retroalimentador (y del oscilador) así como de la frecuencia modulada, que forman la base de la transmisión y recepción de los sistemas actuales de radio (y de televisión); finalmente, David Sarnoff, quien encabezó la Radio Corporation of America (RCA), sucesora de la filial estadounidense de la compañía establecida por Marconi, a quien se le debe que las invenciones mencionadas fueran llevadas a sus fases tanto industrial como comercial. (Braun E., 1992, p. 75)

La radio es un dispositivo de comunicación que llegó a ser tan popular, y de tal utilidad para la sociedad, que actualmente casi todos los hogares en el mundo tienen por lo menos uno.

2.5. Historia de la Televisión

Cuando fue posible enviar señales telegráficas, y sonido, era natural que surgiera el interés por lograr enviar imágenes. Hacia 1884, el alemán Paul Nipkow solicita una patente para un dispositivo llamado telescopio eléctrico, lo que hacía básicamente era transformar corriente eléctrica en luz empleando una fotocelda, pero la imagen no era de buena calidad.

Posteriormente en 1911, el británico Campbell Swington presentó un sistema de televisión como los usados en televisores clásicos; dicho sistema pretendía transmitir una escena que se enfocaría en una placa no conductora de electricidad que se encontraba dentro de un tubo de rayos catódicos⁴. Sin embargo este personaje no construyó con sus propias manos nada, él creó el diseño conceptual.

Un ingeniero ruso llamado Zworykin construyó la primera cámara, y fue mejorándola hasta que llegó a manos de Sarnoff, director de una compañía que creía en el negocio de la televisión. Fue contratado en 1930 como director de investigación electrónica y en 1933 convence a Sarnoff de que su cámara (iconoscopio) y el cinescopio eran funcionales (Szymanczyk O., 2013 .p. 234 - 237).

La RCA, compañía donde era director Sarnoff, probó por primera vez el sistema completo en 1933, y logró transmitir imágenes de 240 líneas a una distancia de siete kilómetros en Nueva Jersey. Así, hasta 1946 se ofreció un televisor de 10 pulgadas a la venta, y desde aquella época el uso de este dispositivo se popularizó en los hogares de todo el mundo.

Así pues, el desarrollo de la televisión es mucho más compleja de lo descrito anteriormente; pues hubo diferentes aportes de varios científicos e ingenieros europeos, que propendían por desarrollar este dispositivo de comunicación; tanto así que en 1935, unos años antes de estallar la segunda guerra mundial, Alemania y su gobierno nazi inauguraba la primera central televisiva, y un año después, en 1936, se televisaron las olimpiadas de Berlín.

2.6. Historia del Celular

Puede remontarse el inicio del celular en 1921, cuando se instala un sistema de despacho en la policía de Detroit en una frecuencia de 2MHz, en un solo sentido, como un walkie talkie. Hacia 1960, se inicia a operar en dos sentidos en bandas de 450 MHz.

⁴inventado por William Crookes para estudiar las propiedades de las corrientes eléctricas a través de gases.

Sin embargo, el pionero en esta tecnología es Martin Cooper, quien en 1973, trabajaba para Motorola.

Para 1977, se autorizan dos sistemas experimentales para telefonía celular en Estados Unidos, uno a cargo de Bell Telephone Co con equipos de AT & T, y otro por la American Radio Telephone Services Inc con teléfonos de Motorola. (Szymanczyk O., 2013 .p. 185).

En Europa, Ericsson Radio System inicia en 1981 un sistema de telefonía celular para los países escandinavos en la frecuencia 450 MHz, que luego es cambiada a los 900 MHz. En 1982 se crea el estándar GSM (Global System Mobil Communication). En Estados Unidos en 1983, se consolida el primer sistema comercial de teléfonos móviles operando en frecuencias un poco menores a los 850 MHz.

En 1992 inicia la transmisión de la telefonía celular en forma digital, pues antes se hacía de forma analógica, empleando bandas de frecuencia de 850 y 1900 MHz. Ya desde esta época se popularizan los celulares, siendo actualmente uno de los medios de comunicación más empleados en todo el mundo, y prácticamente cada individuo del planeta tiene alguno.

2.7. Historia del *Wi Fi*

El *Wi Fi* es una tecnología inalámbrica que busca intercambiar datos entre dos equipos empleando ondas de radio. Este sistema es conocido como espectro expandido, el cual tiene como ventaja que es resistente a las interferencias de otras fuentes de radio. La patente de esta tecnología inalámbrica, fue de la actriz Lamarr y músico Antheil. La idea fundamental de estos dos personajes era crear un sistema de comunicaciones de carácter secreto, donde la transmisión se realizaría usando diferentes frecuencias establecidas previamente, y cambiarla cada cierto tiempo con el fin de no ser espiados. Sin embargo su idea no fue llevada a cabo en la época en que se registró la patente (1942), pues la tecnología no era suficiente; solo hasta los años noventa cuando la tecnología digital estaba desarrollada, se le dio uso comercial (Carballar J., 2010, p. 10 - 11).

Hacia 1999, se conformó una asociación que buscaba hacer compresible la tecnología *Wi Fi* y comercializarla, esta se conoció como WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance “Alianza de Compatibilidad de Internet Inalámbrica”); es así que en el año 2000 se certifica la interoperatividad⁵ según la norma 802.11b con la marca *Wi Fi* (FidelityWireless “Fidelidad Inalámbrica”). Esta asociación pasó a llamarse *Wi Fi Alliance* en 2003 (Szymanczyk O., 2013, p. 188).

Los estándares de esta tecnología son regulados por organismos de normalización, entre ellos el IEEE como se mencionó en el capítulo anterior. Así, esta tecnología actualmente

⁵ La IEEE la define como la habilidad de dos o más sistemas o componentes para intercambiar información y utilizar la información intercambiada (1990).

está presente cotidianamente en casa o lugares de trabajo, y es muy útil en el trabajo diario de las personas.

3.Componente Pedagógico

3.1. Motivación

El papel de la enseñanza de las Ciencias Naturales en la actual sociedad es importante, pues influye en la formación de seres capaces de pensar de forma autónoma y crítica en contextos que involucre la ciencia y la tecnología; en especial en lo referente al uso de diferentes tecnologías de las cuales los estudiantes son usuarios. Por tal motivo, el abordar el tema de la aplicación de la radiación electromagnética en dispositivos de uso cotidiano, es un factor de motivación hacia los estudiantes, pues a partir de elementos que les son comunes, se pretende que los reconozcan no solo como dispositivos de distracción, sino como elementos que son fruto del desarrollo de la ciencia de los cuales puede aprender aspectos particulares de la física.

Conforme a lo anterior, se justifica el hecho de que la educación en Ciencias Naturales ha despertado interés en los entornos de pedagogos y maestros de éstas áreas, por ende sus estudiantes, futuros ciudadanos, serán capaces de enfrentar una sociedad cambiante tanto científica como tecnológicamente (García A., Devia R., Díaz S., 2003, p. 91).

Por tal motivo, se ha buscado fortalecer y evaluar la enseñanza – aprendizaje en ésta área a través de pruebas internacionales y nacionales, así como también generar cambios en las políticas educativas en relación con este tema. Una de las pruebas internacionales que evalúa el desempeño en Ciencias Naturales es la Prueba PISA, la cual busca identificar aptitudes para la resolución de problemas concentrándose en esencia en competencias más no en contenidos; y en particular la propuesta didáctica que se describirá, permitirá generar la habilidad de resolver problemas de las aplicaciones del uso de la radiación electromagnética, especialmente por la metodología en que se desarrolla la propuesta.

3.2. Pertinencia de la Propuesta Didáctica desde los Estándares de Educación en Ciencias Naturales

De las políticas educativas nacionales que se han revisado en la última década, se han derivado los estándares de Educación propuestos por el Ministerio de Educación Nacional de Colombia, que son lineamientos que orientan al docente hacia la enseñanza de un área, particularmente de las ciencias naturales, con el fin que se tengan criterios puntuales relacionados con el aprendizaje de los estudiantes. En 2006 se crean estos lineamientos como un desafío que pueden permitir el planteamiento de una posición crítica frente a los avances científicos, y como conocimiento pertinente en la aplicación de situaciones cotidianas.

Los estándares pretenden promover ciertas habilidades científicas desde el inicio de la vida escolar, así se resaltan las siguientes (MEN, 2006):

- Explorar hechos y fenómenos.
- Analizar problemas.
- Observar, recoger y organizar información relevante.
- Utilizar diferentes métodos de análisis.
- Evaluar los métodos.
- Compartir los resultados.

En concordancia con lo anterior, se pretende que los estudiantes le encuentren significado a lo que aprenden, que cuestionen lo enseñado, y que establezcan relaciones entre la ciencia y otras disciplinas. Por otra parte, con el fin de mejorar la calidad de la educación, se propone que debiera entenderse la ciencia como una práctica social, que requiere la interacción entre pares y no es un fin “transmitir” una ciencia absoluta, sino que se busca que sea interpretada como una práctica humana, que viene del esfuerzo de personas.

Entonces, las instituciones educativas debiesen ser más conscientes de que allí no solo habitan conocimientos académico – científicos, sino también saberes populares, y culturales, por tanto es de importancia tener en cuenta los saberes previos de los estudiantes, ya sea para ratificarlos, o para enfocarlos en la ciencia escolar, según corresponda; además conocer con detalle en qué consisten y cuál es su organización.

Retomar estos saberes previos es fundamental, puesto que al excluirlos podrían conducir a fortalecer la idea de una ciencia abstracta, lejana y sin sentido, evidenciada en ideas sueltas de conceptos, que son poco útiles para abordar un problema en su contexto diario, y para la argumentación de puntos de vista en relación con la ciencia. Este proceso requiere que el docente sea un orientador de experiencias hechas por el propio estudiante que lo cuestionen, y que esté dotado de herramientas que permitan que la enseñanza no sea una instrucción sino una construcción.

Es así que la enseñanza de las ciencias, va a estar vinculada con la concepción de actividad científica que tienen los maestros, pues al concebirla como un cúmulo de

conocimiento al cual se accede a través de un seguimiento riguroso, mecánico y poco flexible sin la aplicación de ningún pensamiento crítico, entonces lo que se logrará comprender por parte de los estudiantes será mínimo.

Conforme a lo anterior, la formación en ciencias naturales, según los lineamientos del MEN, buscan la apropiación de conceptos clave que expliquen ciertos fenómenos de la naturaleza que el estudiante percibe cotidianamente, para que logre entenderlos, comunicarlos y aplicarlos. De tal forma que en el mismo documento, se resalta con insistencia la importancia de la participación activa de los estudiantes en su aprendizaje, mencionando que tal como se hacen las ciencias, es la forma adecuada de aprenderla, es decir participando activamente, y construyendo personalmente el conocimiento.

Por tanto, la enseñanza de las Ciencias en Colombia, tomando como eje rector los lineamientos del MEN, ha organizado los estándares cada dos grados; con ciertas subdivisiones. En la estructura de los estándares del MEN existen secciones relacionadas con:

1. Aproximación al conocimiento científico natural
2. Manejo de conocimientos propios de las ciencias naturales
3. Desarrollo de compromisos personales y sociales

el segundo ítem se subdivide en tres aspectos, de los cuales Entorno físico, y Tecnología y Sociedad, son de interés particular para el desarrollo de la propuesta.

En consonancia con la descripción anterior de los estándares, y en particular de los aspectos: Entorno físico y Tecnología y Sociedad, entonces es conveniente que éstos retroalimenten y enriquezcan el PEI (Proyecto Educativo Institucional) y el contexto educativo. Por tanto, el tema que convoca este trabajo, vale decir Aplicación de Radiación Electromagnética, y el PEI del Colegio República Estados Unidos de América (enfoque en comunicación) se integran y son pertinentes de acuerdo a lo expuesto en los estándares para Ciencias Naturales, pues con la propuesta didáctica para la enseñanza de la radiación electromagnética presente en los dispositivos electrónicos (celular, televisión o radio y entorno *Wi Fi*), se busca una apropiación de conceptos por parte de los estudiantes, que permitan formar una opinión crítica alrededor del uso de estos dispositivos.

Dado que la propuesta se orienta a estudiantes de grado once es de interés conocer los estándares que se plantean para este grado, y remarcar aquellos que pueden fortalecerse con la propuesta elaborada, sin embargo existen algunos que no están en la sección de este grado escolar, pero que se tendrán en cuenta. Los mencionados estándares, con su correspondiente componente son (MEN, 2004, p. 21 - 23):

...ME APROXIMO AL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO NATURAL

- Formulo hipótesis con base en el conocimiento cotidiano, teorías y modelos científicos.
- Propongo modelos para predecir los resultados de mis experimentos y simulaciones.
- Persisto en la búsqueda de respuestas a mis preguntas.
- Propongo y sustento respuestas a mis preguntas y las comparo con las de los otros y con las teorías científicas.
- Relaciono mis conclusiones con las presentadas por otros autores y formulo nuevas preguntas.

DESARROLLO COMPROMISOS PERSONALES Y SOCIALES:

- Identifico aplicaciones de diferentes modelos biológicos, químicos y físicos en procesos industriales y en el desarrollo tecnológico; analizo críticamente las implicaciones de sus usos.
- Reconozco que los modelos de la ciencia cambian con el tiempo y que varios pueden ser válidos simultáneamente.
- Me informo sobre avances tecnológicos para discutir y asumir posturas fundamentadas sobre sus implicaciones éticas.

ENTORNO FÍSICO:

- Explico condiciones de cambio y conservación en diversos sistemas teniendo en cuenta transferencia y transporte de energía y su interacción con la materia.
- Reconozco y diferencio modelos para explicar la naturaleza y el comportamiento de la luz.

CIENCIA TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD

- Analizo el potencial de los recursos naturales en la obtención de energía para diferentes usos.
- Identifico aplicaciones de los diferentes modelos de la luz.

3.3. Aprendizaje Activo

Siguiendo la misma línea de los estándares propuestos por el Ministerio de Educación, es importante incorporar la Metodología de Aprendizaje Activo, pues en los mismos lineamientos se resalta la importancia del papel de los estudiantes como sujetos activos en el proceso de aprendizaje.

La comprensión de la ciencia es algo que el estudiante hace, no algo que se hace para él. (MEN, 2006, p. 111)

En virtud de lo anterior el estudiante debe ser partícipe en la construcción de su propio saber, dado que la transmisión del docente o un libro no es suficiente para la apropiación de conceptos.

Tampoco basta con contarles a los estudiantes lo que ocurre ante cierto fenómeno, ni entregar guías que indiquen cómo hacer una experiencia, o qué puede suceder; se debe crear situaciones que los cuestione y los motive a enfrentarse a ella, para que en el

desarrollo de la misma se involucren en el proceso de investigación, como sucede con los científicos. (García A., et al., 2003,p. 107)

Lo anterior requiere que los docentes estén en la capacidad de propiciar ambientes de aprendizaje, donde su enfoque de enseñanza se aleje de la tradicional y brinde la oportunidad de involucrarlos en el saber científico, lo cual puede proporcionar la Metodología de Aprendizaje Activo MAA.

Se considera que esta metodología aporta herramientas de gran significado a la enseñanza de la física, a pesar de que ésta es considerada una ciencia donde prevalece la matemática, las ecuaciones y ejercicios sin conexión con la realidad (Rezende F., y Ostermann F, 2006, p. 392), no obstante la MAA permite que el estudiante se asombre y encuentre él mismo la respuesta de los cuestionamientos planteados.

Una de las bondades de la MAA es que permite la equivocación, pues existe un momento para la reflexión personal de los interrogantes, y una socialización de los mismos con un grupo. Con este beneficio, se minimiza el temor de los estudiantes por participar, y por equivocarse; situación que ha permitido el desarrollo de la ciencia.

La MAA, inició en algunas universidades de Estados Unidos, pero se ha fortalecido en los talleres de la ALOP (*Active Learning in Optics and Photonics– Aprendizaje Activo de Óptica y Fotónica*) promovidos por la UNESCO con materiales de enseñanza aprendizaje. El proyecto ha sido apoyado dado que se promueve que el estudiante experimente constantemente, y además se fortalece el aprendizaje conceptual, lo anterior es precedente para que el docente orientador se anime a investigar la enseñanza de la física en el aula (Lakhdar, 2006).

En la MAA se desarrollan dos tipos de actividades denominadas *Clases Interactivas Demostrativas CID*, y *Laboratorio de Aprendizaje Activo LAA*. Las CID se caracterizan porque la experiencia la realiza el docente en forma demostrativa, y los LAA son realizados directamente por los estudiantes.

Así ésta metodología está definida en ocho (8) pasos, planeados de manera que se favorezca el aprendizaje de conceptos definidos previamente por el docente.

1. El docente describe el experimento y, si fuera necesario, lo realiza sin proyectar el resultado del experimento.
2. Los estudiantes deben anotar su predicción individual en la Hoja de Predicciones, la cual será recogida al final de la clase, y donde el estudiante debe poner su nombre. (Se debe asegurar a los estudiantes que estas predicciones no serán evaluadas).
3. Los estudiantes discuten sus predicciones en un pequeño grupo de discusión con los 2 o 3 compañeros más cercanos.
4. El docente obtiene las predicciones más comunes de toda la clase.
5. Los estudiantes registran la predicción final en la Hoja de Predicciones.

6. Se realiza la práctica, por el docente o estudiantes según corresponda a una *CID* o un *LAA*, no obstante en ambas es fundamental que los resultados se muestren claramente.
7. Se pide a algunos estudiantes que describan los resultados y que los discutan en el contexto de la demostración. Los estudiantes anotan estos resultados en la Hoja de Resultados, la cual se llevan para estudiar.
8. Los estudiantes (o el docente) discuten situaciones físicas análogas con diferentes características superficiales (o sea, diferentes situaciones físicas), pero que responden al mismo concepto(s) físico (Lakhdar, 2006).

Los anteriores pasos describen en términos generales la metodología de la propuesta que se implementó, con el fin de evaluar si ésta herramienta es útil en la enseñanza de la física; es así que en el siguiente capítulo se encontrará con la propuesta y sus resultados.

4.Propuesta Didáctica

Con el fin de conocer los preconceptos referentes a la radiación electromagnética y su uso en las telecomunicaciones, se planteó una prueba inicial llamada “*prueba diagnóstico*”⁶, que permitía conocer las ideas previas de los estudiantes, tanto correctas como incorrectas, para diseñar la propuesta didáctica encaminada a orientar adecuadamente la enseñanza de la radiación y su impacto en dispositivos que la emplean.

La prueba consta de una pregunta de ordenamiento, donde debía enumerar de 1 a 5, algunas palabras de acuerdo a la relación que estableciera con la radiación; catorce preguntas de opción múltiple con única respuesta, con la finalidad de poder cuantificar y analizar cada una de las opciones de las preguntas, antes y después de la propuesta didáctica; una pregunta de marcación, donde señalaban dispositivos que hacían uso de la comunicación inalámbrica; y finalmente cuatro preguntas abiertas dirigidas a explicar la comunicación inalámbrica y el funcionamiento de algunos dispositivos que hacen uso de ella, con posibilidad de dibujar la explicación a la situación planteada.

En concordancia con lo anterior, las preguntas están diseñadas hacia la comprensión del concepto de radiación electromagnética a través del funcionamiento de dispositivos electrónicos, tales como el televisor, la radio, el *Wi Fi*, y el celular. Así en la siguiente tabla se asocia cada pregunta planteada con la intención por la cual fue elaborada, y el dispositivo correspondiente o conceptos y consecuencias relacionadas con la comunicación inalámbrica, que fortalece la comprensión del concepto de radiación y su uso en el dispositivo en cuestión:

Tabla 4-1 A continuación

⁶La prueba diagnóstica que es la misma prueba final, se encontrará en los anexos.

Pregunta	Objetivo	Dispositivo
1	Determinar con qué relacionan la palabra radiación, y puntualmente diagnosticar si establecían una conexión con la comunicación.	Concepto de radiación.
2	Identificar qué es la radiación electromagnética para los estudiantes.	Concepto de radiación.
3	Reconocer las consecuencias para un ser vivo de exponerse a la radiación.	Consecuencias de radiación.
4	Reconocer las consecuencias de la radiación ultravioleta del Sol.	Consecuencias de radiación.
5	Establecer la relación entre radiación electromagnética y los aparatos de televisión.	Televisión.
6	Establecer cómo se genera la comunicación a través de un teléfono celular.	Celular.
7	Describir la relación entre el funcionamiento del radio y el celular y la radiación electromagnética.	Radio, Celular.
8	Identificar la importancia de la radiación electromagnética en la comunicación.	Wi Fi.
9	Reconocer la importancia de las antenas en el funcionamiento de dispositivos, tales como la radio, la televisión, el celular, y el Wi Fi.	Televisión.
10	Identificar la importancia de la radiación electromagnética en la comunicación.	Radio, Televisión, Celular, Wi Fi.
11	Considerar la radiación electromagnética como la propagación de ondas electromagnéticas a la velocidad de la luz.	Concepto de radiación.
12	Establecer la importancia de la frecuencia en el funcionamiento de dispositivos, tales como la radio, la televisión, el celular, y el Wi Fi.	Radio, Televisión, Celular, Wi Fi.
13	Reconocer la importancia de las antenas en el funcionamiento de dispositivos, tales como la radio, la televisión, el celular, y el Wi Fi.	Radio, Televisión, Celular, Wi Fi.
14	Identificar el principio básico de la comunicación, especialmente en las telecomunicaciones.	Comunicación inalámbrica
15	Establecer cómo se genera la comunicación a través de un teléfono celular.	Celular.
16	Identificar la importancia de la radiación electromagnética en la comunicación.	Comunicación inalámbrica
17	Identificar dispositivos que hace uso de la radiación electromagnética.	Comunicación inalámbrica, dispositivos.
18	Establecer cómo se genera la comunicación a través de un teléfono celular.	Celular.
19	Establecer cómo se genera la comunicación a través de la red Wi Fi.	Wi Fi.
20	Establecer cómo se genera la comunicación a través de un teléfono celular.	Celular.

Tabla 4- 1 *Objetivo de las preguntas*

Esta prueba se planteó para realizarla al iniciar y finalizar la propuesta didáctica, para evidenciar los cambios antes y después de dicha propuesta, con el fin de dar testimonio de la utilidad de la MAA en la enseñanza de la física. Por tal razón se realizó un análisis de comparación entre las respuestas obtenidas entre la prueba diagnóstica y la prueba final a partir de un modelo propuesto por Hake (1998) denominado de ganancia normalizada, donde se evidencia a través de un cálculo, qué tanto han aprendido los estudiantes, lo cual conducirá a verificar la utilidad de la metodología empleada, y a reorientar la propuesta didáctica inicial, si lo requiere.

4.1. Análisis de la Prueba Diagnóstica

A continuación se relaciona el análisis de las preguntas de la prueba diagnóstica, la cual puede verse en el Anexo C: Manual de la Práctica, y las gráficas de resultados en el Anexo A: Gráficas de resultados de Prueba Diagnóstica.:

Análisis Pregunta 1:

Los resultados muestran que la palabra radiación en mayor porcentaje se relaciona con luz (39%), que tiene una influencia directa, sin embargo al identificar las palabras que menos se relacionan se encuentran con porcentaje similar (31%) diagnóstico y comunicación; lo cual evidencia que no establecen relaciones entre los medios empleados por ellos diariamente con la radiación electromagnética.

Análisis Pregunta 2:

Existe un porcentaje importante que llama radiación a la energía que se propaga en forma de onda o partícula (83%), y en segundo lugar creen que es únicamente a la forma en la que se propaga la luz. Por tanto, los estudiantes tienen claro en su mayoría el concepto de radiación.

Análisis Pregunta 3:

Las respuestas son muy dispersas, tienen porcentajes similares, lo cual muestra que no hay claridad en cuanto a la afectación que puede generar estar expuestos a cierto tipo de radiación. En mayor porcentaje se cree que esta afectación está relacionada con el tiempo de exposición (34%), las siguientes respuestas más frecuentes tienen el mismo porcentaje con 33%, y creen que se relaciona con la frecuencia y/o el origen de la radiación.

Análisis Pregunta 4:

Los estudiantes muestran con las respuestas que la radiación ultravioleta siempre es necesaria y por un tiempo considerable (67%), por tanto se establece una conexión entre radiación y tiempo; en segundo lugar creen algunas veces es perjudicial dependiendo del tiempo de exposición (17%). Con el porcentaje de estas respuestas, se puede concluir que para los estudiantes el tiempo es un factor importante.

Análisis Pregunta 5:

Los estudiantes aciertan en un 71%, evidenciando que los aparatos de TV y monitores de computadoras emiten radiación, pero que es perjudicial bajo ciertas condiciones; otra conclusión relevante es que todos consideran que estos aparatos emiten radiación, lo que diferencia sus respuestas es que 8% creen que no afecta a humanos, y 21% cree que todo lo que implique radiación es nocivo.

Análisis Pregunta 6:

Un 54% de los estudiantes cree que es posible la comunicación por celular por la radiación recibida por el celular, es decir no se está teniendo en cuenta fuente emisora y receptora de la señal, y el 21% contesta acertadamente respecto a que la comunicación por los celulares se permite por la propagación de ondas electromagnéticas.

Análisis Pregunta 7:

El 50% considera que la radio y el celular son dispositivos a distancia que funcionan con distinta frecuencia, pero el 38% cree que funcionan con igual frecuencia; a pesar de que la mayoría de los estudiantes contestan acertadamente aún hay un 50% (opciones a, b, y d) que no tienen claridad del funcionamiento de los dispositivos mencionados en esta pregunta.

Análisis Pregunta 8:

Se relaciona correctamente el uso de la radiación electromagnética con la navegación en redes *Wi Fi* (46%); pero sorprende el porcentaje significativo (29%) que cree que al conectar un celular para cargar la batería hace uso de la radiación. Además, un 25% cree que al mantener una conversación directa o a través de un teléfono de vasos y cuerda se hace uso de la radiación electromagnética, con lo que se concluiría que aún no es claro el significado de este concepto.

Análisis Pregunta 9:

Las respuestas a, c y d, mantienen un porcentaje cercano, un 29% cree correctamente que se requiere necesariamente una señal emisora y otra receptora, un 38% considera que necesariamente requiere un satélite que sea repetidora de la señal, sin percatarse de que los satélites fueron posteriores a la televisión, y un 25% cree que se necesita un medio para enviar y propagar la señal, sin profundizar sobre el hecho que la televisión hace uso de la radiación electromagnética, por tanto no necesita un medio de propagación.

Análisis Pregunta 10:

Con estas respuestas, se evidencia que los estudiantes relacionan el funcionamiento de los dispositivos mencionados con el uso de ondas electromagnéticas (75%), lo que lleva a concluir que los estudiantes tienen alguna noción del funcionamiento de éstos.

Análisis Pregunta 11:

No hay claridad de la velocidad aproximada de la radiación electromagnética, pues en un 29% creen que depende de la frecuencia y no se puede determinar, y un 21% cree que

depende de la energía y es cercana a la luz (relación errónea con la energía), 25% considera que depende de la longitud de onda y no se puede determinar; y un 25% cree que es cercana a la velocidad de la luz. A pesar de que en preguntas anteriores se muestra que establecen relaciones entre la radiación electromagnética y ondas electromagnéticas, no la relacionan con su velocidad de propagación, que es la velocidad de la luz.

Análisis Pregunta 12:

Hay un 38% y 33% que considera que existe una relación directamente proporcional entre frecuencia, y distancia hasta quien recibe la señal, pero los diferencia la mayor o menor transmisión de datos. La opción correcta tan solo obtiene el 17%, entre las más bajas, por tanto los estudiantes no establecen una relación clara entre frecuencia, longitud de onda, distancia de transmisión, y cantidad de datos.

Análisis Pregunta 13:

Para el avance de la comunicación inalámbrica el 46% considera que dicho avance se dio por el desarrollo de las antenas, y el 25% las redes eléctricas, en un mismo porcentaje la acústica de las señales enviadas (25%). Así, pese a que la mayoría contesta acertadamente en relación a las telecomunicaciones, aún el 54% no le da la importancia a la conexión telecomunicaciones – antenas.

Análisis Pregunta 14:

Los estudiantes en un porcentaje importante creen que el principio básico de las telecomunicaciones, está dado por el descrito en la opción a, es decir que ven el papel de los satélites importante, lo cual se refuerza por el porcentaje que responde la opción d de la pregunta 9. Y un porcentaje de 21% considera correctamente que el principio básico requiere únicamente de una antena emisora, la señal y una antena receptora.

Análisis Pregunta 15:

Un porcentaje significativo (54%) cree que la conversación puede continuarse porque la radiación electromagnética se transmite a grandes distancias, el 29% considera que existen varios canales para la transmisión de la señal, 13% creen que hay cambio de frecuencia, y ninguno contesta correctamente. Los resultados evidencian que no se comprende correctamente cómo funciona el celular.

Análisis Pregunta 16:

En términos generales, sus respuestas apuntan a que la comunicación inalámbrica se presenta cuando no existe cableado de por medio para que el dispositivo funcione, también señalan que dicha comunicación es posible a grandes distancias, y algunos estudiantes manifiestan que existe dicha comunicación cuando se usan ondas electromagnéticas a través del espacio. Pero en cuanto a la descripción es muy poca, y escriben lo anterior sin profundizar un poco más. En cuanto a los ejemplos, son repetitivos en el celular y *Wi Fi*, y se mencionan otros como la radio, el bluetooth, la televisión, el teléfono inalámbrico, entre otros.

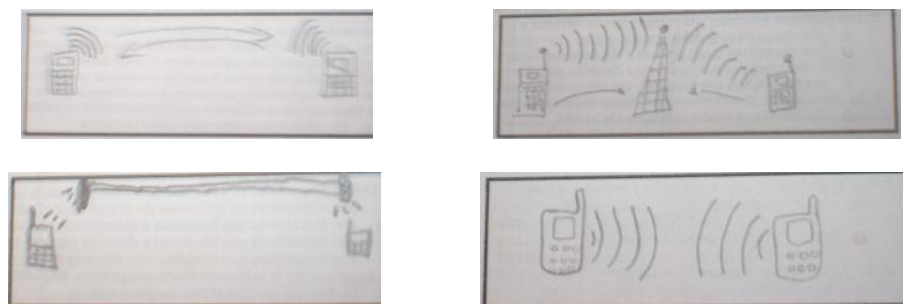
Análisis Pregunta 17:

Se resalta que de 24 estudiantes, 21 consideran que el celular y las redes *Wi Fi*, son dispositivos de comunicación inalámbrica. Así mismo, más de un 70% contestan correctamente en cuanto a dispositivos inalámbricos (Radio, walkie talkie, radar, GPS). Sin embargo sorprende que más del 80% considere el teléfono un dispositivo inalámbrico. Los resultados pueden verse en el anexo A.

Análisis Pregunta 18:

Casi todos mencionan que la señal llega de celular a celular a través de una antena, otros señalan que existen satélites que sirven para enviar la señal. Señalan también, en un porcentaje significativo que es comunicación inalámbrica, que se produce a grandes distancias.

Los dibujos cuya esencia es la misma son:



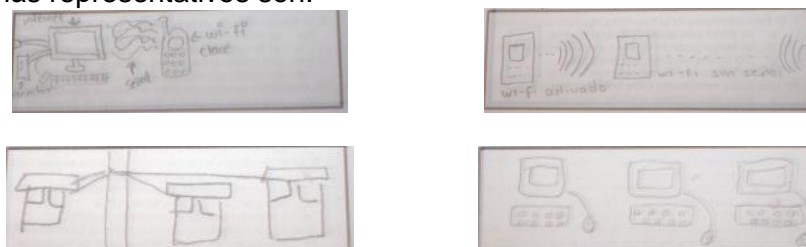
Fotografía 4-1 Resultados pregunta 18 prueba diagnóstico

Análisis Pregunta 19:

Son múltiples las respuestas en esta pregunta, no hay muchas que tengan algo en común en cuanto al funcionamiento, por otra parte, se repiten algunos conceptos en referencia al *Wi Fi*, pero no explican con detalle cómo funciona. Dentro de las respuestas con algún grado de repetición son:

- Se tiene un modem *Wi Fi* que emite una señal, un dispositivo la recibe (portátil o celular); entonces con ello se tiene acceso a internet.
- Existe un punto que emite la señal.
- Para el funcionamiento del *Wi Fi*, hay un factor importante que es la distancia a la cual se tenga el dispositivo al cual se quiera conectar.
- Es internet sin cable.

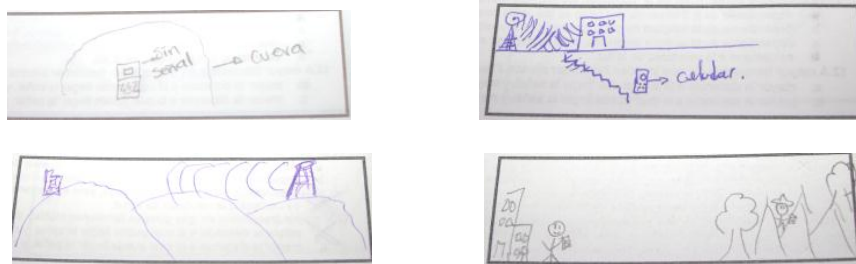
Los dibujos más representativos son:



Fotografía 4-2 Resultados pregunta 19 prueba diagnóstico

Análisis Pregunta 20:

Se menciona con alto grado de repetición que esto ocurre cuando se está lejos de una estación, y no existen antenas cerca. También, es reiterativo que esto ocurre cuando se sale de la ciudad, donde hay poca cobertura, por tanto las ondas no llegan. Y que la baja señal puede ocurrir en lugares cerrados o con la red congestionada. Los dibujos más frecuentes ante la situación planteada son:



Fotografía 4-3 Resultados pregunta 20 prueba diagnóstico

4.2. Implementación de la Propuesta

La propuesta se organizó en tres etapas que buscaban que los estudiantes se apropiaran de la temática de radiación electromagnética paulatinamente.

Conforme a lo anterior, las etapas son:

4.2.1. Etapa 1: Introducción a los dispositivos de comunicación que emplean la radiación electromagnética.

Una vez desarrollada la prueba diagnóstico, a cada estudiante se le asignó un dispositivo (radio, televisión, celular, y *Wi Fi*) para que consultaran el funcionamiento del mismo, y posteriormente en clase se hicieron grupos por dispositivo, con el fin de socializar lo consultado y diseñar una maqueta que buscara ilustrar el funcionamiento de su dispositivo.

Se eligieron más estudiantes que tenían el celular y el *Wi Fi*, con el fin de que hubiera más información que pudieran contrastar con la de sus compañeros, por tanto hubo más grupos de estos dispositivos. Los grupos de estudiantes dedicaron dos clases de una hora y cincuenta minutos, una dedicada a la socialización y organización del diseño de la maqueta que permitiría la explicación del funcionamiento del dispositivo que se le asignó; y otra dedicada a la exposición por cada grupo, donde ilustrarían con ayuda de su maqueta el funcionamiento del dispositivo a cargo, luego tendrían una sesión de preguntas por parte de sus compañeros.

En las exposiciones se ve frecuentemente que los estudiantes requieren de leer para hacer su presentación, no hay seguridad en lo que dicen, lo cual se evidencia cuando

miran a uno de los del grupo que lideró el trabajo, y son ellos precisamente los que contestan las preguntas del público.

A continuación se muestran algunos de los aspectos a resaltar de cada exposición en relación al funcionamiento de los dispositivos asignados:

4.2.1.1. Exposición Wi Fi

Uno de los elementos importantes para los grupos que exponen este dispositivo, es el modem que emite señales (ondas electromagnéticas) a los dispositivos que pueden tener acceso a internet. En la maqueta diseñada por el grupo 3, hay un trozo de lana blanca, que ilustra las ondas que se propagan hasta el celular que elaboraron. Se resalta en los grupos 1 y 3 que existe una antena en el modem de la cual sale la señal. En el grupo 2 se agrega un satélite del cual salen “ondas” hacia la Tierra y ya en la Tierra hay antenas que las reciben.

Algunas de las imágenes de las maquetas realizadas por ellos son:



Grupo 1



Grupo 2



Grupo 3.

Fotografía 4-4 Exposición Wi Fi

4.2.1.2. Exposición Celular.

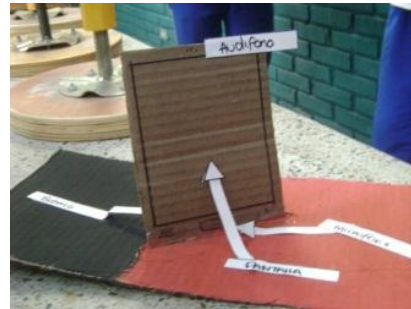
En la exposición del grupo 1 se resalta la importancia de una torre que es la encargada de recibir la señal y enviarla a otro móvil; el grupo 2 se enfoca en lo que tiene un celular en su interior, como el audífono, micrófono, pantalla, batería, sin ilustrar como puede entrar o salir una llamada. En los grupos 3 y 4 se pretende ilustrar el área de cobertura

de una antena, a través de los hexágonos que elaboran, poniendo en su centro la antena encargada de dirigir la llamada.

En las explicaciones se menciona que la entrada y salida de llamadas no es más que la propagación de ondas electromagnéticas, y que dependiendo del lugar donde se esté, la llamada es transferida de una antena a otra.



Grupo 1



Grupo 2



Grupo 3



Grupo 4

Fotografía 4-5 Exposición Celular

4.2.1.3. Exposición Radio.

La exposición del grupo 1 se preocupa por hacer físicamente un radio, ilustrando una antena y el rango de frecuencias de las emisoras. El grupo 2 hace más énfasis en su maqueta en las antenas y en cómo se propagan las ondas de radio. Se mencionan algunas diferencias entre AM y FM respecto a las frecuencias, pero no comprenden por qué hay unas frecuencias determinadas, tanto así que hacen mención a varias unidades de frecuencia, tales como Mhz, Khz, Thz, pero no entienden que son, ni que significan.



Grupo 1

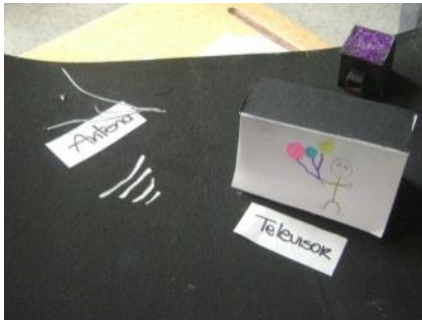


Grupo 2.

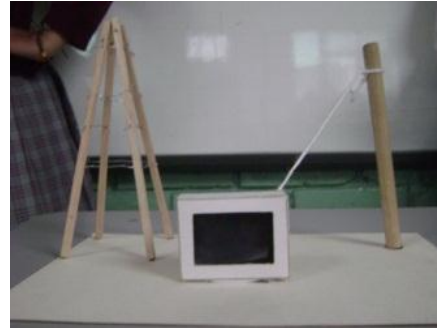
Fotografía 4-6 Exposición Radio

4.2.1.4. Exposición Televisión.

En ambos grupos, se da importancia a las antenas puestas en las maquetas, también se hace mención a las ondas electromagnéticas, como las señales que se envían. Aclaran que para poder recibir tal señal se hace una decodificación de la señal. Se menciona el UHF, y el VHF, pero no se profundiza en ello.



Grupo 1



Grupo 2

Fotografía 4-7 Exposición Televisión

4.2.1.5. Conclusiones parciales de etapa 1

Algunos aspectos comunes en las exposiciones, es la propagación de ondas electromagnéticas, además que se menciona que existe decodificación de señales en los dispositivos. Los grupos de radio y televisión mencionan que cada cadena radial o televisiva tiene una frecuencia que les es dada, y la señal recibida es decodificada para poder recibir la señal. Por otra parte, en las exposiciones resaltan que hay una antena emisora y otra receptora, además de la señal que se quiere enviar.

La mayoría de estudiantes hacen uso de términos o conceptos de los cuales no tienen apropiación, tales como rounter, modem, unidades de frecuencia, UHF, VHF, ondas de radio, WEP, WPA; y ante preguntas que se hacen que se relacionan con estos términos, las respuestas, si las hay, son poco profundas.

Con esta experiencia, se buscaba que los estudiantes se iniciaran en la consulta del funcionamiento de los dispositivos mencionados, y con sus propias palabras intentaran dar una respuesta a cómo es posible que recibamos una llamada, un correo electrónico, escuchar una emisora, o ver la televisión, sin necesidad de que exista una conexión física que permita la transmisión de señales. Sin embargo, los resultados en muchos estudiantes, con este trabajo, es una explicación superficial del funcionamiento.

En virtud de lo anterior, se considera que con la sola consulta y diseño de una maqueta, que sería una práctica tradicional, no es suficiente para apropiarse de la temática; por tanto se requiere algo más que involucre la participación activa de los estudiantes.

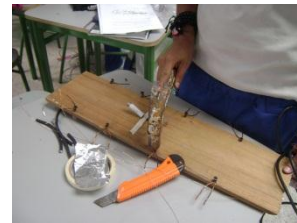
4.2.2. Etapa 2: Aprendizaje Activo y búsqueda de experimentos por parte de los estudiantes.

De acuerdo a lo expuesto en la etapa 2, donde se concluyó que se requería una intervención directa por parte de los estudiantes, se propuso en esta etapa que los estudiantes fueran partícipes de la MAA, siendo ellos quienes la aplicaran a sus compañeros.

Con este fin, nuevamente se organizaron los estudiantes en grupos, pero ahora estarían conformados por tres personas, y a cada uno de los grupos se les asignó nuevamente un dispositivo de comunicación inalámbrica, para que iniciaran la búsqueda de un dispositivo experimental realizado por ellos mismos, con materiales de bajo costo y fácil consecución.

Para el proceso de la etapa 2, se tomaron dos clases (cada una de 1 hora y 50 minutos), donde se les explicó a los estudiantes en qué consistía la MAA, para que posteriormente consultaran por cuenta propia diseños experimentales que fueran viables y con las condiciones requeridas por la MAA.

Una vez seleccionado el diseño a realizar, ya fuera elegido por ellos o sugerido por el docente, se tomó otra clase para realizarlo en clase. Algunas de las imágenes que evidencian la realización de éstos dispositivos son:



Fotografía 4-8 Dispositivos realizados en la propuesta didáctica

4.2.3. Etapa 3: Aplicación de MAA por parte de los estudiantes.

Una vez había quedado elegido cada uno de los diseños experimentales de los grupos, se realizaron las guías, por parte del docente, siguiendo la MAA, donde las predicciones individuales y grupales eran fundamentales en la aplicación de la propuesta, pues éstas serían la base de la evidencia experimental con el diseño realizado, lo cual permitiría contrastar sus predicciones con los resultados evidenciados en las prácticas.

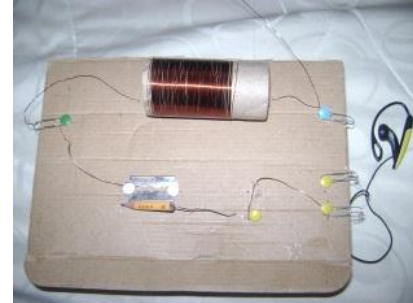
Las actividades realizadas eran prácticas demostrativas, pues un grupo era el encargado de diseñar el dispositivo experimental, mientras que los demás estudiantes eran el grupo al cual se les enseñaba a través de la MAA.

4.2.3.1. Actividad 1: La Radio

El objetivo de esta actividad fue el de explorar la recepción de una señal de radio a través de la radiación electromagnética, utilizando la Metodología de Aprendizaje Activo.

Planteamiento del problema

Se tiene el siguiente dispositivo construido por los estudiantes:



Fotografía 4-9 Radio Casera

Elaborado con tubo de cartón, cable de cobre esmaltado, trozo de cartón o madera, clips, cuchilla de afeitar, mechero, antena, lápiz de grafito, cable de cobre, chinchas metálicas, y audífonos.

Una vez mostrado el montaje experimental, se deslizaba el lápiz de grafito en la cuchilla.

Predicciones individuales y grupales

i. ¿Qué espera que suceda cuando el lápiz de grafito se desliza sobre la cuchilla? Algunas de las respuestas más frecuentes que ejemplifican las predicciones tanto individuales como grupales son:

Dará una especie de sonido. *Sebastian España*

Que sintonice bien las emisoras o al menos algunas de ellas. *Edwin Alvear*

Al deslizar el lápiz sobre la cuchilla se espera que el lápiz ayude a transmitir o propagar la señal al resto del circuito conectado a él. *Angie González*

ii. ¿Qué espera que suceda cuando se desconecte la antena al dispositivo?

La interferencia o el ruido generado se disiparán tal vez por completo o muy poco. *Sebastian España*

Que se dañe el sonido y ya no suene igual a cuando estaba conectada. *Paula Neira*

El dispositivo se quedará sin señal. *Angela Vela*

Realización de la práctica

Inicialmente, se muestra detenidamente el dispositivo elaborado y se señalan los materiales empleados, con el fin de que noten la facilidad de su construcción.

Posteriormente, se menciona que se deslizará el lápiz en la cuchilla que se encuentra en el montaje, tal como se describió en las hojas de predicción individual y grupal.

Ante tal situación los estudiantes que no estuvieron familiarizados con la construcción de este dispositivo se mostraron inquietos por saber qué ocurría, y comprobar sus predicciones tanto individuales como grupales.

Cuando se deslizó el lápiz en la cuchilla, se logró captar un sonido, tal como ocurre cuando se busca una emisora, para lo que los estudiantes se muestran sorprendidos.

Resultados

En la hoja de resultados se plantearon algunas preguntas para responder después de la realización de la práctica e interactuar con el dispositivo que construyó uno de los grupos. Estos cuestionamientos, con las respuestas más comunes son:

- i. ¿Qué ocurrió cuando el lápiz de grafito se deslizó sobre la cuchilla?
 - Sonó un ruido como cuando se está sintonizando la emisora. *Estefanía Montoya*
 - Lo que hace es cambiar la frecuencia. *Angie Cortes*
 - Trataba de coger la emisora. *Leidy Arevalo*

- ii. ¿Cuál es el medio de propagación de lo que se emitió y/o recibió?

La respuesta generalizada es el aire, el espacio; y en una menor proporción mencionaron que el cable que utiliza el dispositivo.

- iii. De acuerdo al montaje descrito ¿Quién es el emisor, quién es el receptor, qué es lo que se emite y/o recibe?

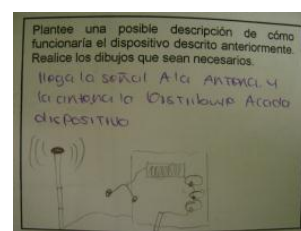
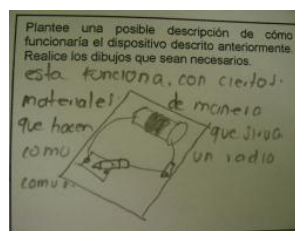
En cuanto a esta pregunta, los estudiantes identifican claramente que el emisor es la antena de la emisora, el receptor es el dispositivo construido, y lo que se recibe o emite son ondas radiales, es decir la señal.

- iv. ¿Podría relacionarse este dispositivo con alguno que usted conozca? ¿Cuál y por qué?

Lo relacionan directamente con un radio, la televisión o un celular; pues notan también que existe en esos casos una antena emisora, receptora, y una señal transmitida.

- v. Plantee una posible descripción de cómo funcionaría el dispositivo descrito anteriormente. Realice los dibujos que sean necesarios.

Identifican que al deslizar el lápiz en la cuchilla, están intentando encontrar una emisora determinada que es escuchada a través del auricular o bafle conectado. Agregan que la antena recibe la señal que es transmitida por el circuito elaborado, es decir por el cable que conecta cada uno de los elementos empleados.



Fotografía 4-10 Hoja de respuestas de actividad 1

vi. ¿Se puede identificar alguna señal particular? Descríbala
Como cuando se cambia la señal radial. *Cristian Bernal*
Se pueden identificar señales con interferencia. *Miguel Cabrera*

Algunas Consideraciones Importantes

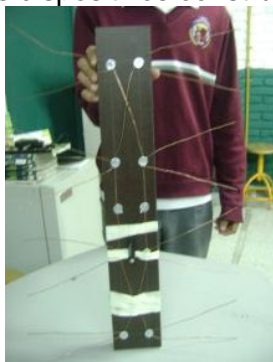
Es importante mencionar, que a pesar que los estudiantes en las predicciones consideran que percibirán algún sonido, se muestran sorprendidos al oírlo cuando se inicia a deslizar el lápiz en la cuchilla. La anterior descripción muestra que el comprobar experimentalmente el funcionamiento del radio casero, les hace realmente creer en el uso de la radiación electromagnética para la comunicación inalámbrica.

4.2.3.2. Actividad 2: La Televisión

La segunda actividad tiene como objetivo explorar la recepción de una señal de televisión a través de la construcción de una antena casera, utilizando la Metodología de Aprendizaje Activo.

Planteamiento del problema

En esta actividad se elaboraron dos tipos de antena casera para televisión, con diseño diferente. Una de ellas requería ganchos metálicos de ropa, trozo de madera, arandelas y tornillos, regla, bisturí, destornillador, cortador de alambre, sección de cable de TV, transformador UHF / VHF; y la otra cable coaxial, cinta, y recipiente metálico. Los dispositivos construidos son:



Antena 1



Antena 2

Fotografía 4-11 Antena de televisión casera

Se mostraron estos dispositivos a todo el grupo de estudiantes, y se indagó acerca de qué ocurría cuando se conectaba a un televisor.

Predicciones individuales y grupales

¿Qué ocurrirá cuando se conecte el dispositivo elaborado al televisor?

Algunas de las respuestas que mejor representan la generalidad del grupo son:

- Le dará señal al televisor y produciría imagen. *Diego Moncayo*
- La imagen se puede ver con mayor nitidez. *Julieth Cerón*

- pues lo que ocurre es que le dará imagen ya que la antena le sirve como dispositivo de señal. *Paula Velez*

Realización de la práctica

Dado que se tienen dos tipos de antenas para televisor, se conectan ambas a un televisor en el salón de clase para evidenciar que realmente sirven. Los estudiantes consideran que la antena 2 no servirá, y lo argumentan porque no habían observado una como esa.

En concordancia con lo anterior, se prueban las dos antenas en diferentes lugares del colegio, tales como diferentes salones, el patio, y el laboratorio de física – química, con el fin de que evidencien la efectividad de las antenas, y detecten los canales que pueden ser captados.

Resultados

- ¿Qué sucedió cuando se conectó el dispositivo elaborado al televisor?

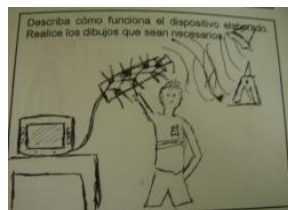
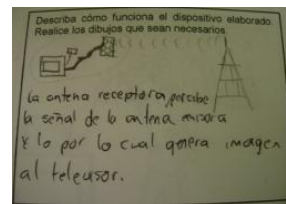
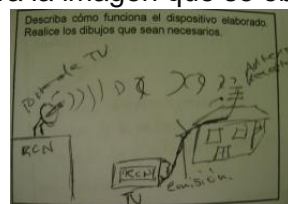
La respuesta generalizada que resume lo escrito por los estudiantes en sus hojas de respuestas es: “es que el televisor capta una señal reflejada en imagen y sonido. Se logran ver algunos canales, que dependiendo el lugar o la posición del dispositivo da una mejor nitidez, generalmente entre más alto y más lejos se va a tener mejor imagen”.

- ¿Qué papel considera usted que desempeña el dispositivo construido junto con el televisor? Describa cómo cree que influye este dispositivo en la señal del televisor.

Los estudiantes aseguran en sus respuestas que el dispositivo desempeña el papel de una antena receptora, que permite una mejor recepción de canales. Además, afirman que influye notablemente en la señal del televisor, pues con el uso del dispositivo construido se logran ver algunos canales, de lo contrario no sería posible.

- Describa cómo funciona el dispositivo elaborado. Realice los dibujos que sean necesarios.

La antena receptora percibe la señal de la antena emisora, por lo cual llega una señal al televisor que genera la imagen que se observa.



Fotografía 4-12 Hoja de respuestas de actividad 2

iv. ¿De dónde obtiene nuestro dispositivo la información que le transmite al televisor? Concretamente para los estudiantes, la información viene de una antena emisora, que es la correspondiente a los canales que se logran captar en el televisor.

v. De acuerdo al montaje descrito ¿Quién es el emisor y el receptor, cuál es el medio de propagación?

Los estudiantes responden a este cuestionamiento unánimemente en cuanto al emisor y al receptor, identificándolos como la antena en los canales de televisión, y el dispositivo elaborado, respectivamente. En cuanto al medio de propagación la mayoría afirma que es el aire (o el espacio), pero hay un porcentaje menor que considera que las ondas son el medio de propagación.

Algunas Consideraciones Importantes

Se evidencia en el desarrollo de la actividad un gran interés por comparar los dos tipos de antenas elaborados a través del conteo de canales que pueden visualizarse, y cómo cambia la nitidez de la imagen de acuerdo al lugar donde se ubicaba el televisor (salón, patio o laboratorio) con la antena elaborada.

Con la actividad realizada se promovió en los estudiantes la curiosidad por manipular dispositivos de sencilla construcción que fueron y aún pueden ser de utilidad en la vida diaria.

4.2.3.3. Actividad 3: El Celular – Wi Fi

La tercera actividad tiene por objetivo examinar la señal de un celular, para llamadas y para *Wi Fi*, a través de la construcción de una antena casera de celular.

Planteamiento del problema

En esta actividad de combinaron los dos dispositivos que faltan, celular y *Wi Fi* a través de la construcción de una antena repetidora casera para celular con dos latas metálicas, cables, soldadura y pinzas.

El dispositivo construido con los materiales indicados es:



Fotografía 4-13 Antena repetidora casera de celular

Se mostró el dispositivo elaborado, y se indagó acerca de a qué elemento del celular podría conectarse y qué sucedería al conectarse.

Predicciones individuales y grupales

- i. ¿A qué elemento del celular considera usted que debe conectarse el dispositivo construido? Explique por qué.

Ante este cuestionamiento son más dispersas las respuestas, pues no hay unanimidad en ellas, entre las que más se repiten y resaltan son:

- A la antena de cobre o puerto USB, por el hecho que las ondas irán directamente a la antena dando señal. *Miguel Cabrera*
- A una antena que el celular disponga para que el celular capte las ondas del dispositivo. *Angela Vela*
- A la antena del celular por medio de una entrada USB, ya que es una posición donde la señal se aumenta. *Edwin Alvear*
- Al celular como tal y a la sim card, ya que es el medio de recepción de la señal telefónica. *Sebastian España*
- El dispositivo debe ser conectado al elemento de cargar el celular. *Angie González*
- A donde se carga porque es donde recibe todo para que funcione y es el elemento más importante. *Stefani Castillo*
- Al cargador porque es el elemento más importante del celular. *Nicol Sandoval*

- ii. ¿Qué espera que suceda cuando se conecte el dispositivo construido al celular?

Algunas de las respuestas con mayor frecuencia y que más llaman la atención son:

- Depende del aparato que se conecte: si se conecta a un celular no sucedería nada por la alta frecuencia que hay en la posición de celular(ciudad), su señal siempre será alta; pero si se conecta a *Wi Fi* de pronto aumenta la frecuencia de la señal. *Edwin Alvear*
- Aumentará la cobertura de la señal telefónica, además si el dispositivo maneja *Wi Fi* ocurrirá lo mismo, captará más señal o frecuencias. *Sebastian España*
- Lo que espero que suceda es que el celular coja más señales *Wi Fi* cercanas para poder obtener más internet. *Angie Contreras*
- Al conectar el dispositivo al celular se espera que reciba la señal de internet inalámbrico cercana al dispositivo. *Angie González*

Realización de la práctica

La primera inquietud de los estudiantes era a qué debía conectarse el dispositivo elaborado, para tal fin se pasaron a los estudiantes por grupos para que vieran claramente a qué se conectaba, y que ocurría con la señal de telefonía y de *Wi Fi* del celular.

Los estudiantes reflejan agrado a la situación experimental mostrada, pues pueden darse por cuenta propia si realmente sirve el diseño construido.

Resultados

- i. ¿Qué sucedió cuando conecto el dispositivo construido al celular?

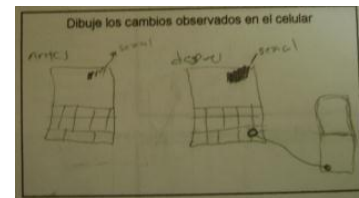
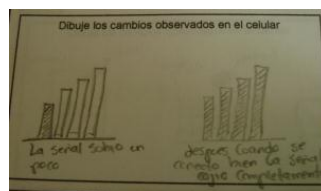
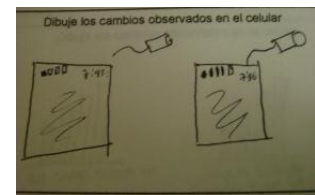
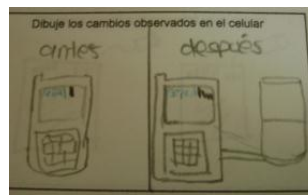
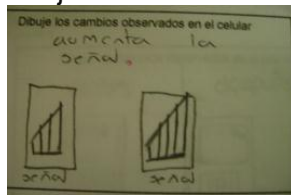
Algunas de las respuestas que describen lo que observan los estudiantes son:

- Amplificó la señal hasta 4 líneas. *Miguel Cabrera*
- Amplificó la señal y aumento el rango de recepción del *Wi Fi*. *Sebastian España*

- El celular tuvo más alcance en la señal de *Wi Fi*. *Daniel Alvarez*
- Al conectar el dispositivo construido al celular, este recibe una mayor cantidad de ondas de señal o una mayor señal en la red *Wi Fi* del celular. *Angie González*
- Que el dispositivo le permite al celular tener más señal. *Angela Vela*
- Aumenta su señal, tenía una línea y aumenta más. *Stefani Castillo*
- La señal sube instantáneamente ya que tenía poca señal el celular. *Yeraldin Rincón*

ii. ¿A qué elemento del celular conecto el dispositivo construido? Explique por qué
La respuesta unánime a este cuestionamiento es que se conecta a la antena del celular, si es que puede tenerse acceso a ella. Y lo argumentan porque ésta es la antena receptora, es la que recibe la señal u ondas.

iii. Dibuje los cambios observados en el celular



Fotografía 4-14 Hoja de respuestas de actividad 3

iv. Describa cómo funciona el dispositivo elaborado
Algunas de las respuestas que representan las del grupo son:

- El dispositivo repite ondas que se emiten desde cualquier lugar y el celular s receptor de estas ondas que se repiten. *Angela Vela*
- El dispositivo funciona de manera en que se conecta a la antena del celular, y si el celular no posee señal, o muy poca, entonces la amplifica. *Sebastian España*
- Que las latas agrandan la señal de *Wi Fi* y la señal móvil por medio del cable. *Paula Neira*

v. ¿Cuál es el papel que considera usted que desempeña el dispositivo construido, cómo influye en la señal del celular?

A pesar de que algunas de las respuestas descritas en la pregunta anterior son muy similares, las respuestas más frecuentes son:

- El dispositivo funciona como una antena repetidora en la cual da la señal al conectarse con la antena del celular. *Sonia Barrero*
- El tarro sirve como amplificador del *Wi Fi* que va conectado con un cable coaxial a la antena del celular. *Johan Marín*
- Creo que influye de manera positiva ya que nos ayuda a que el celular tenga mejor señal, influye notablemente ya que ser nota como cambia la señal. *Angie Contreras*
- El papel es que ayuda a coger más señal y así la aumenta. *Andrés León*
- Como un amplificador pues influye aumentando la señal en el celular. *Jinneth Obando*

vi. De acuerdo al montaje descrito ¿Quién es el emisor y el receptor?
En términos generales se asocia al emisor como las antenas de telefonía o el modem de *Wi Fi*, y al receptor como la combinación del dispositivo construido y celular. Algunas de las respuestas son:

- El receptor es el dispositivo construido y por ende es también el celular que recibe la señal, mientras que el receptor es la torre de señal o el router del que están llegando las ondas. *Angie González*
- La antena receptora es la del celular y la emisor es el modem. *Daniel Álvarez*
- El emisor son las antenas de telefonía y la receptora es el celular y el dispositivo con el fin de amplificar la señal. *Sebastián España*
- El emisor son las antenas principales y el receptor son la antena y el celular. *Edwin Alvear*

Algunas Consideraciones Importantes

Comprobar el funcionamiento del dispositivo diseñado por grupos permitió que cada uno de los estudiantes interactuara con su celular y la antena casera de celular para que verificara la eficacia de su propósito, se continúa evidenciando que la práctica experimental es necesaria, genera interés en los estudiantes, y les permite indagar acerca de los detalles del dispositivo.

4.3. Análisis de Prueba Final

A continuación se relaciona el análisis de las preguntas de la prueba final, la cual puede verse en el Anexo A: Manual de la Práctica, y las gráficas de resultados en el Anexo C: Gráficas de resultados de Prueba Final:

Análisis Pregunta 1:

Luego de realizar todas las actividades se encuentra satisfactoriamente que para los estudiantes la comunicación ocupa un importante lugar en lo relacionado con la radiación (52%), pues en la prueba diagnóstico era una de las que menos tenía relación(13%); en este orden, la luz y el calor siguen en grado de importancia, y se finaliza con diagnóstico y contaminación.

Análisis Pregunta 2:

Es clara la relación que los estudiantes establecen entre radiación y energía que se propaga en forma de onda o partícula, pues el 83% se inclinan por la opción a, y en un porcentaje significativamente menor eligen la opción d, indicando que la radiación se relaciona con el calor generado por algunos cuerpos. Sin embargo, no hubo aumento de estudiantes con respuesta correcta respecto a la prueba diagnóstica, pues allí se obtuvo el mismo porcentaje.

Análisis Pregunta 3:

Existe un mayor porcentaje en la opción correcta (aumenta con respecto a la prueba diagnóstica donde se obtuvo 34%), con un 44%, pues el grado de afectación de la radiación lo relacionan con el tiempo de exposición; sin embargo aún persisten algunas

imprecisiones en cuanto a las otras opciones que tienen un porcentaje de 26%, 17% y 13%, pues la asocian directamente con la fuente de la radiación, o la frecuencia.

Análisis Pregunta 4:

Se encuentra satisfactoriamente que aumentó de 17% a 91% la opción correcta con respecto a la prueba diagnóstica, ilustrando que la radiación ultravioleta en algunas ocasiones es perjudicial, dependiendo del tiempo de exposición. Y en un porcentaje significativamente menor (9%) se afirma que siempre es necesaria.

Análisis Pregunta 5:

Se evidencia un aumento en la opción correcta (c) de 71% a 87%, y puede concluirse que de acuerdo a las opciones elegidas en mayor o menor grado, están de acuerdo que los aparatos de TV y los monitores de computador emiten radiación, creyendo que no es perjudicial el 4%, y que siempre es perjudicial para el 9%.

Análisis Pregunta 6:

Se evidencia nuevamente un aumento en el porcentaje de la opción correcta (b) de 21% a 70%, considerando que la propagación de ondas electromagnéticas es la responsable de la comunicación en teléfonos celulares.

Análisis Pregunta 7:

Aumenta del 50% al 78% la opción correcta (c), evidenciando una relación directa entre el funcionamiento del celular y el radio con la frecuencia que requiere cada dispositivo para funcionar, además esta respuesta se ratifica al disminuir el porcentaje de la opción b en la prueba diagnóstica y final de 38% a 4%.

Análisis Pregunta 8:

Aumenta la respuesta que relaciona la navegación en *Wi Fi* con la comunicación que hace uso de la radiación electromagnética, de 46% a 78%, evidenciando una mejor comprensión de esta clase de comunicación. Asimismo ya no aparece la opción d y disminuye considerablemente la opción c, que no emplean las ondas electromagnéticas, sino que requiere un medio de propagación.

Análisis Pregunta 9:

A través de esta respuesta se evidencia la importancia de las antenas emisoras y receptoras en el funcionamiento de la televisión, como medio de comunicación, pues pasa de 29% a 83% el porcentaje de la opción correcta (c), lo cual es un aumento importante, que muestra que la mayoría de los estudiantes encuentran la importancia en las antenas para la propagación de una señal.

Análisis Pregunta 10:

Las respuestas son similares a las de la prueba de entrada, pues la opción c (que es correcta) pasa de 75% a 87%, evidenciando que la principal semejanza entre los dispositivos mencionados es el empleo de ondas electromagnéticas.

Análisis Pregunta 11:

Con esta pregunta se continúa reflejando falta de claridad en cuanto a la velocidad aproximada de la radiación electromagnética, pues a pesar de que la opción correcta (d) aumenta en porcentaje de 25% a 30%, aún existe una mayoría que lo asocia con la frecuencia, aumentando también este porcentaje de 29% a 52%. Por tanto, puede concluirse que debe hacerse mayor énfasis durante las actividades en este aspecto.

Análisis Pregunta 12:

Es de resaltar que la opción correcta (d) aumenta de 17% a 48%, que es significativo, por tanto se evidencia que los estudiantes ya asocian la distancia a la cual puede funcionar un dispositivo con la frecuencia. En cuanto a la opción que en la prueba de entrada fue más frecuente (c), baja su porcentaje muy poco, de 38% a 35%.

Análisis Pregunta 13:

Existe un aumento significativo en la consideración que el desarrollo de las antenas permitió el avance de las telecomunicaciones, pues paso de 46% en la prueba de entrada a 87% en la prueba final; así con esta respuesta se muestra la importancia de las antenas en la comunicación inalámbrica.

Análisis Pregunta 14:

Con esta pregunta se muestra que el principio básico de la comunicación es comprendido por los estudiantes, pues identificaron en la antena emisora, la señal, y la antena receptora los elementos fundamentales en este principio, así en comparación con la prueba de entrada, la opción d (que es correcta) aumenta de 21% a 78%; y disminuye significativamente la opción a, donde intervienen los satélites. Sin embargo es de resaltar que en la pregunta se hace énfasis en el principio básico, por tanto el uso de satélites no es necesario para el principio básico de la comunicación.

Análisis Pregunta 15:

Aumenta notablemente la opción correcta (a), pues en la prueba diagnóstico nadie contestó correctamente y en la prueba final 43% lo hace; este resultado refleja que un porcentaje importante de los estudiantes comprendieron cómo se genera la comunicación a través de un celular; sin embargo se encuentra que la opción c aumenta en porcentaje, comparando la prueba diagnóstica y la prueba final, de un 13% a un 26%, mostrando que para algunos estudiantes este proceso se realiza a causa del cambio de frecuencia.

Análisis Pregunta 16:

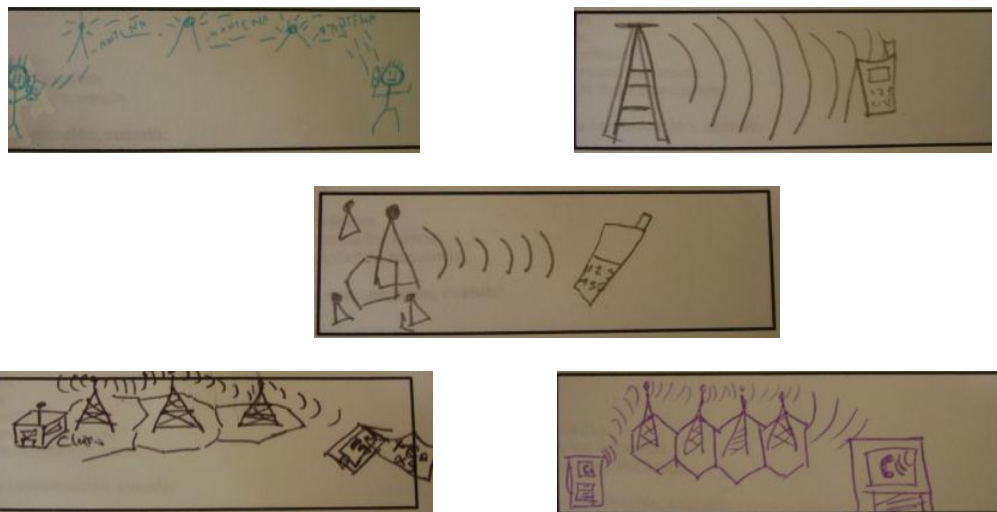
Posterior a la aplicación de la MAA, se asocia la comunicación inalámbrica con la propagación de señales por el espacio, sin utilizar ningún tipo de cables que la transporten, que requieren una antena emisora, una señal, y una antena receptora. La anterior afirmación es frecuente en los estudiantes, con lo que puede evidenciarse que efectivamente fue de utilidad el empleo de la MAA, para la comprensión del principio básico de funcionamiento de dispositivos electrónicos (Televisor, Radio, Celular, *Wi Fi*). Además, como en la prueba diagnóstica, entre los ejemplos más nombrados están el celular, el *Wi Fi*, televisor.

Análisis Pregunta 17:

Posterior a las actividades realizadas por los estudiantes, con esta pregunta se baja la cantidad que creen que el telégrafo y el teléfono usan la comunicación inalámbrica. Se mantiene la radio, la televisión y el *Wi Fi*. No obstante, el Walkie Talkie, el radar y el GPS que son dispositivos que hacen uso de la comunicación inalámbrica, bajan en cantidad de estudiantes que las marcaron. Los resultados pueden verse en el anexo B.

Análisis Pregunta 18:

Los resultados después de aplicar la MAA, muestran de manera general que para la comunicación a través del celular, debe existir por una parte una antena emisora y receptora; y por otra deben poderse ubicar varias antenas con una cobertura definida; pues si dos celulares están a grandes distancias, la señal será propagada de una antena a otra hasta llegar al celular que recibe la llamada. Algunos de los dibujos realizados por los estudiantes son:

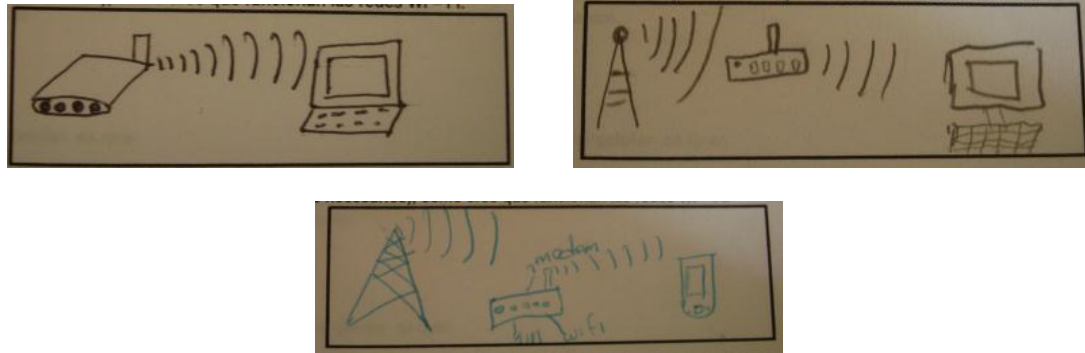


Fotografía 4-15 Resultados pregunta 18 de la prueba final

Análisis Pregunta 19:

En la prueba final, al igual que en las últimas preguntas, es frecuente leer en las respuestas la importancia de una antena emisora y otra receptora. En cuanto a la emisora identifican el router, y para la receptora es aquella antena que está en el dispositivo que se conectará a internet, donde reconocen que en un celular, una Tablet, o un portátil debe existir la mencionada antena. Entre estas antenas hay una señal que se emite, y la identifican como ondas electromagnéticas.

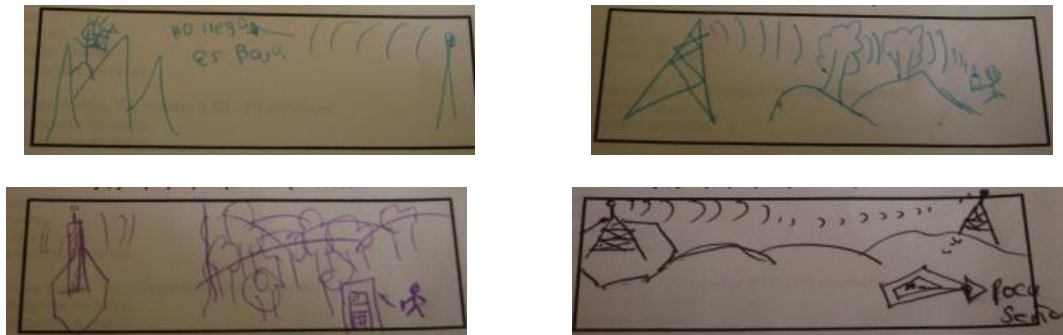
También señalan que existe un rango de funcionamiento de las redes *Wi Fi*, pues evidencian que al alejarse lo suficiente la señal no es recibida por el dispositivo que posee la antena receptora. Algunos de los dibujos representativos de los estudiantes son:



Fotografía 4-16 Resultados pregunta 19 de la prueba final

Análisis Pregunta 20:

A pesar de que las respuestas son similares a las de la prueba diagnóstico, su argumentación y sus dibujos muestran una mejor descripción de la situación planteada en la prueba final. Entre las respuestas más frecuente, se señala que al salir de la ciudad, las antenas no cubren toda el área, por tanto en algún momento un celular puede quedar fuera de cobertura; o simplemente no hay una antena cerca que permita llevar la señal de una antena emisora a una receptora. Otra de las respuestas con cierta frecuencia es que en lugares cerrados muchas veces es difícil la comunicación, pero no se da mayor explicación a este hecho. Algunos dibujos para ilustrar la situación planteada son:



Fotografía 4-17 Resultados pregunta 20 de la prueba final

4.4. Comparación entre Prueba Diagnóstica y Prueba Final

Previamente se mostraron los resultados de: la prueba diagnóstico, las guías de aplicación de la propuesta, y la prueba final. En consonancia con ello, es evidente que para las preguntas de selección múltiple con única respuesta es posible hacer un análisis cuantitativo, lo cual permitirá examinar el avance en el aprendizaje de los estudiantes después de la aplicación de la propuesta diseñada.

Es así que a continuación se muestran las tablas de respuesta de prueba diagnóstico y prueba final, donde se encuentran resaltadas las celdas cuya opción es correcta para cada pregunta:

PRUEBA DIAGNOSTICO		
% PORCENTAJE DE LAS OPCIONES		
PREGUNTA	Respuesta Correcta	Porcentaje (%)
2	A	83
3	A	34
4	C	17
5	C	71
6	B	21
7	C	50
8	B	46
9	C	29
10	C	75
11	D	25
12	D	17
13	C	46
14	D	21
15	A	0

Tabla 4-2 Resultados de preguntas correctas de la prueba diagnóstico

PRUEBA FINAL		
% PORCENTAJE DE LAS OPCIONES		
PREGUNTA	Respuesta correcta	Porcentaje (%)
2	A	83
3	A	44
4	C	91
5	C	87
6	B	70
7	C	78
8	B	78
9	C	83
10	C	87
11	D	30
12	D	48
13	C	87
14	D	78
15	A	43

Tabla 4-3 Resultados de preguntas correctas de la prueba final

4.4.1. Análisis a partir del índice de dificultad y factor de concentración

Con el fin de hacer un análisis que permitiera elegir las preguntas que mejor información arrojaran del avance en el aprendizaje de los estudiantes, se calcula el índice de dificultad que según Doran (citado por Garduño L., et al, 2013, p. 277) es:

$$P = \frac{N_i}{N} \quad (5)$$

donde P es el índice de dificultad, N_i es número de personas que respondieron correctamente y N es el número total de estudiantes que contestaron la prueba. El índice de dificultad de las preguntas se considera Muy Difícil (MD) si está entre 0 – 0.35; moderadamente Difícil (mD) entre 0.35 – 0.60; moderadamente Fácil (mF) 0.60 – 0.85; y por último Muy Fácil (MF) 0.85 – 1.00. A partir de dicha clasificación, se eliminarán las preguntas que entren en el grado de MF y mF, pues fueron contestadas por la mayoría de los estudiantes correctamente, y no permitirá evidenciar un avance significativo en el aprendizaje de los estudiantes.

De esta forma, se resume en la siguiente tabla el porcentaje de respuestas correctas para las preguntas de la 2 a la 15, que son de selección múltiple con única respuesta, con el correspondiente índice de dificultad (P):

No Pregunta	% repuestas correctas prueba diagnóstica	Índice de dificultad (P)	Categoría
2	83	0.83	mF
3	34	0.33	MD
4	17	0.16	MD
5	71	0.70	mF
6	21	0.20	MD
7	50	0.50	mD
8	46	0.45	mD
9	29	0.29	MD
10	75	0.75	mF
11	25	0.25	MD
12	17	0.12	MD
13	46	0.45	mD
14	21	0.20	MD
15	0	0	MD

Tabla 4-4 Índice de dificultad de la Prueba

Ahora bien, con las respuestas de la prueba diagnóstica y la prueba final, es posible calcular el factor de concentración, que da cuenta de cómo se distribuyen las respuestas de los estudiantes en una prueba de selección múltiple con única respuesta.

Según Bao y Redisch (Citado por Barbosa L. et al, 2011, p. 4309-4) el factor de concentración:

...es una función de la respuesta de los estudiantes a una pregunta, esta toma un valor en el intervalo $[0,1]$, la concentración entre $(0 < c < 0,2)$ es baja, para $(0,2 < c < 0,5)$ es media y para $(0,5 < c < 1)$ es alta. (Moreno H., Guarín E., 2010, p. 674)

y se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$C = \frac{\sqrt{m}}{\sqrt{m}-1} \left(\frac{\sqrt{\sum_i n_i^2}}{N} - \frac{1}{\sqrt{m}} \right) \quad (6)$$

donde C es la concentración, m es el número de opciones de la pregunta, N es el número total de estudiantes, y n_i es el número de estudiantes que contestan una opción determinada.

Tal concentración muestra que tantos estudiantes contestaron determinada opción (para el caso del presente trabajo la opción correcta), y puede relacionarse con un puntaje que corresponde al número de estudiantes que respondieron bien a una pregunta sobre el número total de estudiantes a los cuales se les aplicó la prueba (Moreno H., Guarín E., 2010, p. 674), por tanto esta dado en un intervalo de 0 a 1.

Entonces con la información de la concentración y puntaje de la prueba diagnóstico y final, puede hacerse una gráfica de Concentración Vs Puntaje, que mostrará si hubo aumento de la cantidad de estudiantes que contestaron la opción correcta antes y después de la aplicación de la propuesta didáctica.

Según Moreno H., y Guarín E. (2010, p. 674) la gráfica Concentración Vs Puntaje:

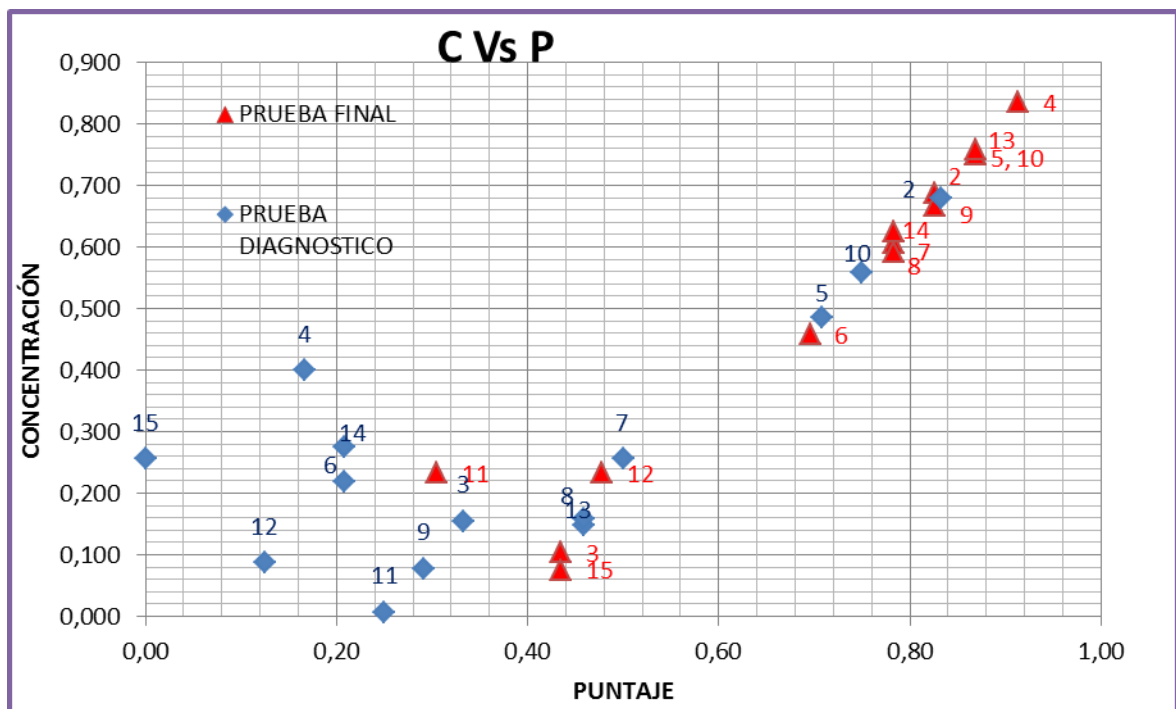
...permite estudiar visualmente los resultados...cada punto está marcado con un número que identifica la pregunta del test; estos puntos dan cuenta del resultado promedio de todos los estudiantes sobre una determinada pregunta.

Es de resaltar que si el puntaje se acerca a 1 es debido a que un porcentaje importante de estudiantes contesta correctamente, y si la concentración se acerca a 1 es porque una mayoría contesta determinada opción.

En base a lo anterior, la gráfica y resultados de Concentración Vs Puntaje (C Vs P) correspondiente a la prueba diagnóstico y final de este trabajo son:

Pregunta	Prueba Diagnóstico		Prueba Final	
	C	P	C	P
2	0,679	0,83	0,688	0,83
3	0,155	0,33	0,103	0,43
4	0,399	0,17	0,834	0,91
5	0,486	0,71	0,750	0,87
6	0,219	0,21	0,458	0,70
7	0,256	0,50	0,606	0,78
8	0,149	0,46	0,592	0,78
9	0,077	0,29	0,666	0,83
10	0,559	0,75	0,750	0,87
11	0,007	0,25	0,233	0,30
12	0,087	0,13	0,233	0,48
13	0,158	0,46	0,759	0,87
14	0,275	0,21	0,624	0,78
15	0,256	0,00	0,076	0,43
Promedio	0,269		0,527	

Tabla 4-5 Concentración Vs Puntaje de la prueba diagnóstico y final



Gráfica 4-1 Concentración Vs Puntaje de la prueba diagnóstico y final

A partir de la gráfica anterior es posible afirmar que todas las preguntas de selección múltiple con única respuesta aumentan su puntaje de la prueba diagnóstica a la final; lo cual muestra que posterior al desarrollo de la propuesta didáctica se amplían las

respuestas correctas en la prueba final. Lo anterior es muy satisfactorio, dado que evidencia que la aplicación de la propuesta fue de ayuda significativa para lograr mejores resultados.

En cuanto a la concentración, también se obtienen buenos resultados, pues con excepción de las preguntas 3 y 15, todas las demás aumentan en concentración. Sin embargo es de resaltar que éstas preguntas si aumentan en puntaje, que es lo que se considera que es manejable por el docente, no tanto así la concentración que depende fuertemente del ritmo de aprendizaje de los estudiantes y de su concentración en las clases.

Además se observa que en la prueba diagnóstica la concentración fue en promedio del 26.9%, mientras que en la prueba final fue de 52.7%, lo cual indica que aumentó en un 99% respecto del resultado de la prueba diagnóstico.

Es así que puede concluirse a partir del factor de concentración, que la propuesta didáctica aplicada a los estudiantes arroja muy buenos resultados, pues existe una cantidad significativa de estudiantes que mejoran sus respuestas correctas; lo anterior se evidencia en la gráfica 4-1, donde existe una tendencia de los triángulos rojos (que representan la prueba final) hacia arriba y a la derecha, que es el estado óptimo.

4.4.2. Ganancia de Hake

De acuerdo a la clasificación del índice de dificultad descrito en la sección anterior, no existen preguntas en el rango Muy Fácil; respecto al rango moderadamente Fácil se encuentran las preguntas 2, 5, y 10; por tanto estas preguntas no serán tenidas en cuenta para el análisis que continúa.

Con el fin de conocer la evolución del aprendizaje de los estudiantes después de desarrollar la propuesta, se calcula la ganancia de Hake (Citado por Barbosa L. et al, 2011, p. 4309-6), que es un parámetro que permite determinar la eficacia de una metodología de enseñanza respecto a algún tema particular. En este sentido la ganancia:

...se define como la razón del aumento de una prueba preliminar (pre) y una prueba final (pos) respecto del máximo aumento posible. (Barbosa L. et al, 2011, p. 4309-6)

Con los resultados de la prueba diagnóstica y prueba final se encontrará un número llamado ganancia normalizada, que es la razón del aumento entre la prueba diagnóstico y prueba final con respecto al máximo aumento posible⁷. La ganancia puede tomar un valor entre 0 y 1, calculado a partir de la ecuación (Benitez Y., Mora C., 2010, p. 176):

⁷ La ganancia máxima posible se calcula a través de la expresión $g_{max} = 100 - \% pretest$. (Benitez Y., Mora C., 2010, p. 176)

$$g = \frac{\% Post test - \% Pre test}{100\% - \% Pre test} \quad (7)$$

Hake (citado por Moreno H., Guarín E., 2010. p. 675) propone categorizar la ganancia así:

Valor de ganancia	Categoría
0.0 – 0.30	Baja
0.30 – 0.70	Media
0.70 – 1.00	Alta

Tabla 4-6 Valor de Categorización de la Ganancia de Hake

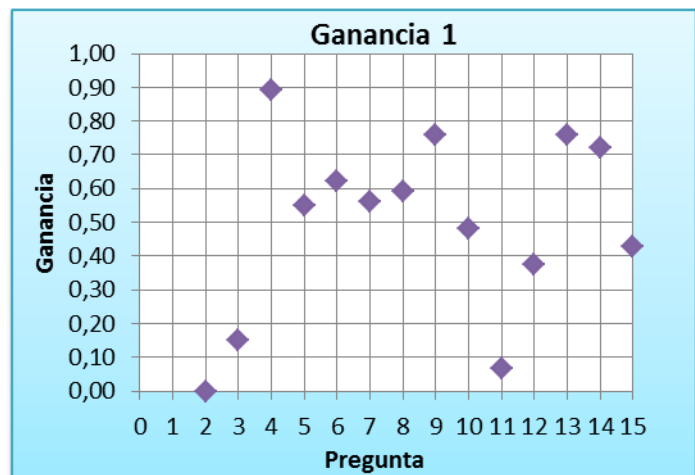
A continuación se calcula la ganancia de Hake por pregunta, para comparar el avance en el aprendizaje de los estudiantes a través de las respuestas dadas en la prueba diagnóstico (P.D) y prueba final (P.F). En virtud de lo anterior se presentan algunos casos para analizarlos a partir de la eliminación de algunas preguntas dependiendo del índice de dificultad.

Los resultados de la ganancia de Hake se muestran a través de una tabla que relaciona la pregunta, el porcentaje de la P.D, el porcentaje de la P.F, y ganancia, y será representada en una gráfica donde las abscisas serán las preguntas requeridas dependiendo el caso analizado, y la ordenada la ganancia.

En el primer caso a analizar no se elimina ninguna de las preguntas, para lo cual se obtienen los siguientes resultados:

Ganancia de Hake 1			
Pregunta	% P.D	% P. F	g
2	83	83	0,00
3	34	44	0,15
4	17	91	0,89
5	71	87	0,55
6	21	70	0,62
7	50	78	0,56
8	46	78	0,59
9	29	83	0,76
10	75	87	0,48
11	25	30	0,07
12	17	48	0,37
13	46	87	0,76
14	21	78	0,72
15	0	43	0,43
Promedio	38,21	70,50	0,50

Tabla 4-7 Ganancia por pregunta

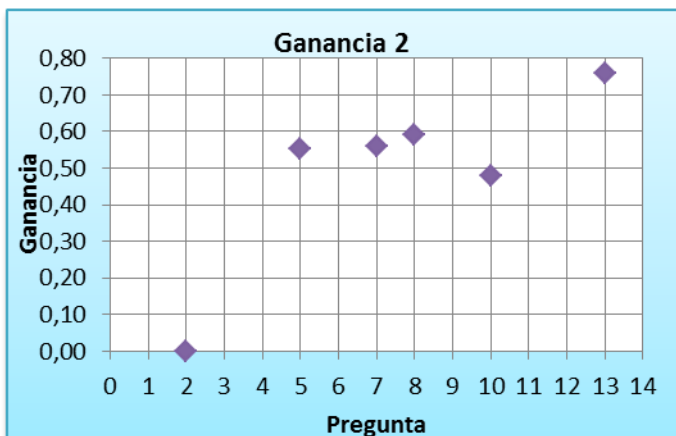


Gráfica 4-2 Ganancia por pregunta

El promedio de la prueba diagnóstico en este caso fue de 38,21%, y de la prueba final de 70,50%, es decir aumenta en casi 100% respecto de la P.D; y la ganancia normalizada en promedio fue de 0.50; lo cual se ubica en la ganancia media.

En el segundo caso se eliminan las preguntas seleccionadas en Muy Difíciles y Muy Fáciles, para lo cual se obtiene:

Ganancia de Hake 2			
Pregunta	% P.D	% P. F	g
2	83	83	0,00
5	71	87	0,55
7	50	78	0,56
8	46	78	0,59
10	75	87	0,48
13	46	87	0,76
Promedio	61,83	83,33	0,49



Gráfica 4-3 *Ganancia por pregunta eliminando preguntas de índice de dificultad Muy Fácil y Muy Difícil*

Tabla 4-8 *Ganancia por pregunta eliminando preguntas de índice de dificultad Muy Fácil y Muy Difícil*

El promedio de la prueba diagnóstico en este caso fue de 61,83%, y de la prueba final de 83,33%, es decir aumenta en poco más del 20%; y la ganancia normalizada en promedio fue de 0.49; lo cual se ubica en la ganancia media.

Este caso tiene únicamente las preguntas moderadamente fáciles y difíciles, dado que no hay preguntas muy fáciles de acuerdo a la categorización dada por el índice de dificultad. Además, existe una gran diferencia respecto al caso anterior (ganancia 1) en el porcentaje de la prueba diagnóstica, evidenciando que las preguntas seleccionadas para este caso son asequibles para los estudiantes.

De los dos casos que se analizaron, es claro que la ganancia es media, pues se obtuvieron los valores de ganancia normalizada de 0,50; 0,49; que promediado da 0,495.

Así que a pesar de las diferencias en cada uno de los casos respecto a los porcentajes de respuesta correcta en la prueba diagnóstico y prueba final, sus ganancias son muy cercanas entre sí, y no cabe duda que la ganancia esté en la categoría media. En concordancia con estos resultados, se muestra que la propuesta aplicada a los estudiantes con relación a la enseñanza de la radiación electromagnética a través del funcionamiento de dispositivos que hacen uso de ella, tales como la radio, la televisión, el celular y el *Wi Fi*, tiene una buena efectividad, y con ello se logró que los estudiantes tuvieran un cambio conceptual respecto al tema en cuestión.

Este resultado se evidencia en los porcentajes significativos de respuestas correctas en la prueba final, y en las respuestas dadas por los estudiantes en las guías durante la aplicación de la propuesta. Sin embargo, el valor de la ganancia normalizada puede mejorarse, si se aplicara al inicio del año, cuando los estudiantes están más concentrados en sus labores académicas, pues al ser de grado once se presentaron varias actividades extracurriculares durante la época cuando se aplicó la propuesta, así que se tuvo que cambiar algunas fechas previstas para su desarrollo, y en algunas oportunidades se interrumpieron las clases debido a dichas actividades.

5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones

El propósito central de este trabajo fue el de diseñar y aplicar una propuesta didáctica para la enseñanza de la radiación electromagnética presente en los dispositivos electrónicos (celular, televisión o radio y entorno *Wi Fi*), con el enfoque de la Metodología de Aprendizaje Activo *MAA*, y conforme con el trabajo realizado dicho objetivo se cumplió totalmente.

Dado que la implementación de la propuesta se dividió en etapas, es preciso afirmar que con el empleo de exposiciones por parte de los estudiantes (etapa 1 de la implementación), muy pocos se apropiaron de los temas y no adquieren total capacidad para desarrollar la temática asignada; por tal razón se consideró oportuna la aplicación de la *MAA*, pues los estudiantes tendrían que involucrarse directamente en la búsqueda y realización de dispositivos experimentales (etapa 2 de la implementación); sin embargo es de anotar que los estudiantes no realizaron búsquedas exhaustivas, teniendo en cuenta que los materiales debían ser de bajo costo y fácil consecución; previendo esto, el docente hizo una propuesta alternativa del dispositivo experimental.

La implementación de la *MAA* requirió el contacto directo de los estudiantes con los diseños experimentales, lo cual fortaleció la comprensión del funcionamiento de los dispositivos elegidos inicialmente (radio, televisión, celular, *Wi Fi*), así este contacto fue importante en el proceso de aprendizaje; dado que este elemento favoreció en la confirmación o replanteamiento del funcionamiento de los dispositivos mencionados, y fue fundamental para las respuestas dadas en la hoja de respuestas de las guías aplicadas.

En estas guías, en especial la hoja de respuestas, se hizo evidente la claridad del principio básico de la comunicación, identificando con exactitud el emisor, la señal y el receptor en los dispositivos elegidos. Además, a pesar de que hubo un porcentaje significativo de estudiantes, que tenía idea de lo que sucedería cuando se pusiera a funcionar el dispositivo correspondiente (particularmente en las actividades de la radio y televisión), cuando estuvieron en contacto con éste elemento se mostraron sorprendidos e interesados por entender su funcionamiento.

En virtud del trabajo realizado, se quiso conocer con exactitud qué tan eficaz había sido la propuesta didáctica aplicando la *MAA*, para lo cual se emplearon algunas técnicas de comparación que evaluaron la evolución del aprendizaje en un grupo de estudiantes, a través de la aplicación de una prueba inicial y final.

Para realizar la comparación entre la prueba diagnóstica y final se tuvieron en cuenta únicamente las preguntas de selección múltiple con única respuesta, dejando de lado las preguntas abiertas, pues no brindaban una información cuantificable que pudiera ser analizada a través de los métodos empleados.

Así, basándose en las respuestas de la prueba diagnóstica y final, es posible afirmar que la propuesta diseñada fue de utilidad para el aprendizaje de los estudiantes, pues se evidencia un aumento en el porcentaje de respuestas correctas de la prueba diagnóstica a la prueba final, cuyo análisis numérico se hace a través del factor de concentración. Este factor de concentración, que permite evidenciar visualmente, por medio de una gráfica la evolución de las preguntas con respuesta correcta, aumenta en un 99% entre la prueba diagnóstica y la prueba final (según la tabla 4-5 página 53, la concentración cambió de 0,27 a 0,53), lo cual indica un aumento en la cantidad de estudiantes que contestaron correctamente. Este resultado es importante, pues muestra la eficacia de la propuesta implementada.

Con el trabajo adicional, que consistió en cuantificar la efectividad de la propuesta didáctica diseñada, se halló la ganancia de Hake, encontrando que la ganancia promedio fue de 0,50 (según las tablas 4-7 y 4-8 de las páginas 55 y 56), lo cual está categorizado como ganancia media, en consonancia con ello se muestra que la propuesta didáctica aplicando la *MAA*, arroja buenos resultados en el aprendizaje de los temas abordados.

Así pues, el trabajo realizado muestra una alternativa en la enseñanza de la física, en educación media, especialmente cuando esta asignatura es considerada por los estudiantes como difícil y un poco abstracta. Por tanto, la *MAA* tiene como ventaja la apropiación de conceptos por parte de estudiantes, haciendo uso de la práctica experimental, lo cual resulta agradable para ellos mismos, y además promueve el conocimiento científico de elementos utilizados en la vida diaria.

5.2. Recomendaciones

Respecto a las preguntas en las pruebas diagnóstica y final se recomienda para futuros trabajos hacer un análisis de ítem para filtrado de preguntas, para lo cual se diseñan varios test donde se realiza la categorización de índice de dificultad y se eliminan siempre las preguntas Muy Fáciles (MF) y Muy Difíciles (MD), con el objetivo de que en la prueba que quede finalmente, existan preguntas que sean apropiadas para un grupo en

general. Lo anterior, conducirá a hacer una revisión detallada de las preguntas a tener en cuenta en el análisis posterior. Para este trabajo, no se realizó este proceso en forma completa por falta de tiempo con los estudiantes, pues al ser de grado once, sus clases terminaron antes y no fue posible llevar a cabo el proceso (sin embargo, se hizo un filtrado de las preguntas para realizar su análisis).

Una sugerencia, para quien quisiera implementar la propuesta, sería la aplicación de la misma al iniciar el año escolar, con la finalidad de mejorar la ganancia; pues los estudiantes de grado once estarían más concentrados y enfocados en sus labores académicas en esa época del año, dado que no tendrían mayores distractores, que generalmente se presentan en todas las instituciones.

BIBLIOGRAFIA

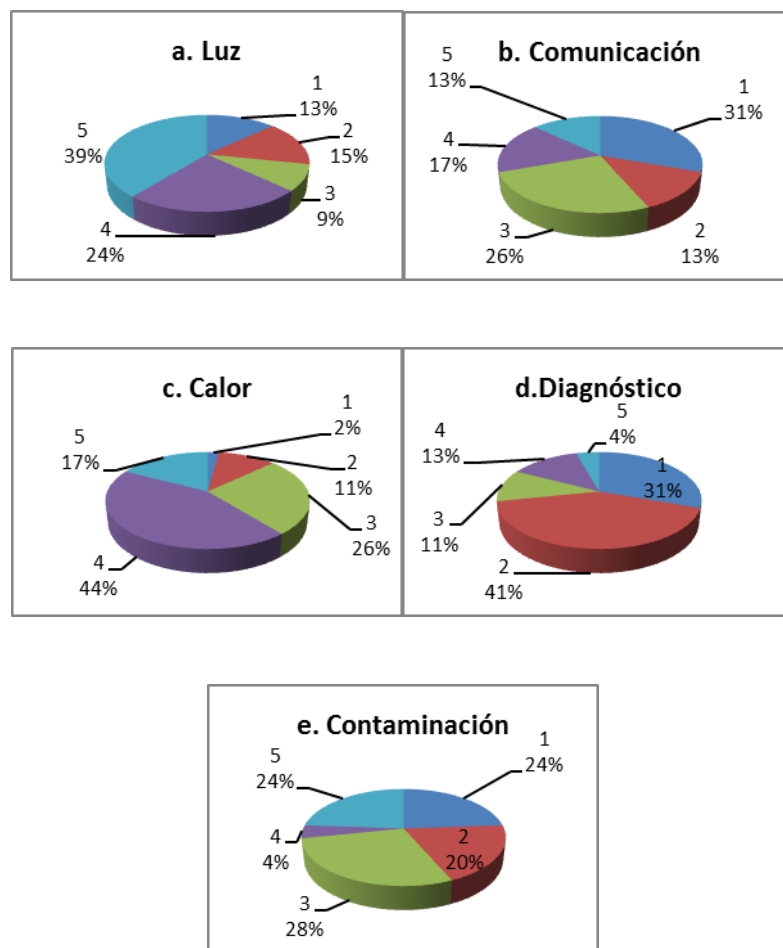
- [1] ALONSO M. y FINN E. (1995). *Física*. Estados Unidos: Addison Wesley.
- [2] ANDREU F., PELLEJERO I., LESTA A. (2006). *Fundamentos y aplicaciones en redes WLAN*. Barcelona, España: Marcombo.
- [3] BARBOSA L., Mora C., Talero P., Organista O. (Diciembre, 2011). El soplador mágico Un experimento discrepante en el aprendizaje de la ley de presión hidrodinámica de Bernoulli: *Revista brasileira de enseñanza de la Física*. 33 (4), 4309 (1 - 7). Recuperado el 12 de diciembre de 2013 de: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-11172011000400009&script=sci_arttext
- [4] BELENDEZ A. (Julio, 2008). La unificación de luz, electricidad, magnetismo: la “síntesis electromagnética” de Maxwell: *Revista Brasileira de Enseñanza de la Física*. 30 (2), 2601-(1-20). Recuperado el 20 de marzo de 2013 de: <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v30n2/a12v30n2.pdf>
- [5] BENEGAS J. (Septiembre, 2007). Tutoriales para física introductoria una experiencia exitosa de aprendizaje activo de la física *Lat. Am. J. Phys. Educ.* 32 – 38. Recuperado el 22 de mayo de 2013 de: http://132.248.192.201/seccion/bd_iresie/iresie_busqueda.php?pg=6&indice=tema&busqueda=CONCEPTOS&par&a_inicial&a_final&sesion&formato=largo
- [6] BENITEZ Y., MORA C. (2010). Enseñanza tradicional Vs aprendizaje activo para alumnos de ingeniería: *Revista Cubana de Física*. 27 (2A), 175 – 179. Recuperado el 22 de mayo de: <http://www.fisica.uh.cu/biblioteca/revcubfi/2010/vol.27-No.2A/RCF27-2A-2010-175.pdf>
- [7] BERKSON W. (1985). *Las teorías de los campos de fuerza: Desde Faraday hasta Einstein*. (Segunda edición). Madrid: Alianza Universidad.
- [8] BRACALENTI T. (2012). Transmisión por microondas terrestre: Cátedra de Comunicaciones. (Tercera edición). Santa Fe: Universidad Tecnológica Nacional. Recuperado el 11 de febrero de 2013 de: http://www.frsf.utn.edu.ar/matero/visitante/bajar_apunte.php?id_catedra=277&id_apunte=4081.
- [9] BRAUN E. (1992). *Electromagnetismo: de la ciencia a la tecnología*. (Primera edición). México: Fondo de Cultura Económica.
- [10] CARBALLAR J. (2010). *Wi Fi: Lo que se necesita conocer*. España: RC Libros.

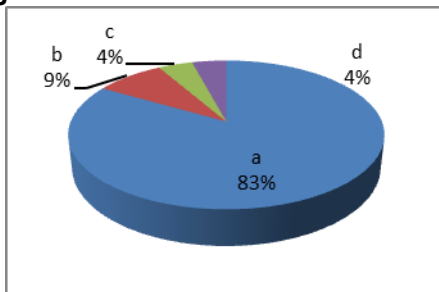
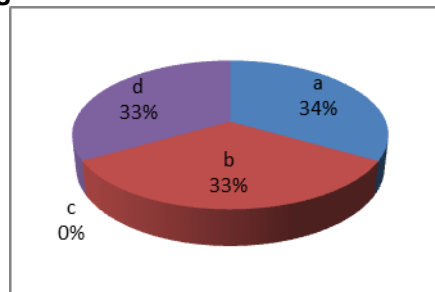
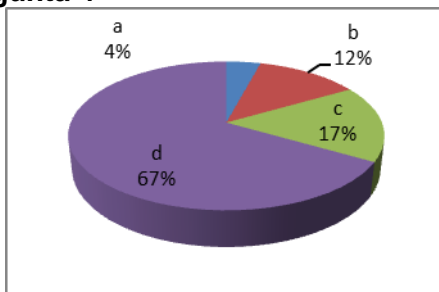
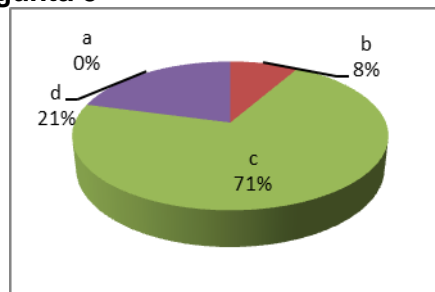
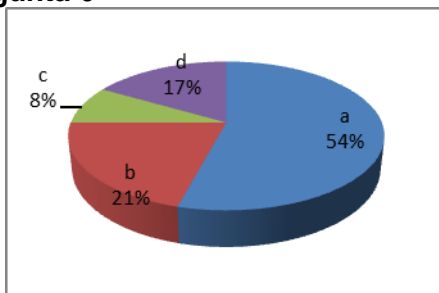
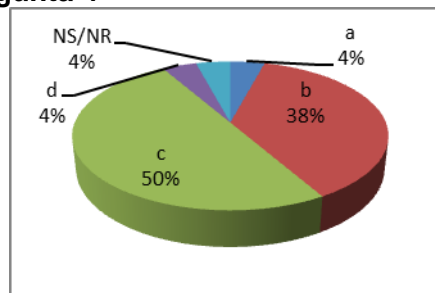
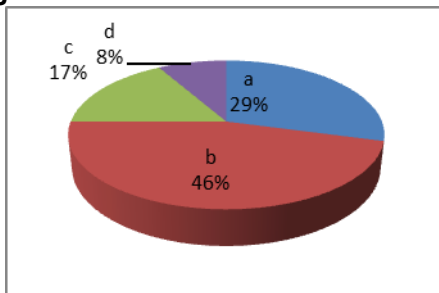
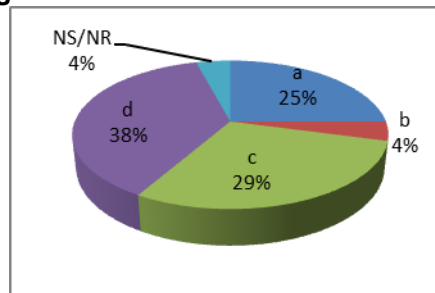
- [11] CARDAMA A. y OTROS. (2002). *Antenas*. (Segunda edición). Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña.
- [12] COMISIÓN DE SEGURIDAD NUCLEAR. (2010). *Radiación y protección radiológica*. Recuperado el 12 de febrero de 2013 de: http://www.csn.es/images/stories/publicaciones/otras_publicaciones/guia_radia_web.pdf. España: CSN
- [13] FONTAL B. (2005). *El espectro electromagnético y sus aplicaciones*. Recuperado el 11 de febrero de 2013 de http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/16746/1/espectro_electromagnetico.pdf Venezuela: Escuela venezolana para la enseñanza de la química.
- [14] GARCIA A., DEVIA R., DÍAZ S. (2003). Los trabajos prácticos en la enseñanza de las ciencias naturales. En A.Adúriz., G.A. Perafán., E. Badillo (Ed.), *Actualización en didáctica de las ciencias naturales y las matemáticas* (pp. 91 - 114). Bogotá, Colombia: Magisterio
- [15] GARDUÑO L., LOPEZ A., MORA C. (Junio, 2013). Evaluación del aprendizaje conceptual del movimiento en caída libre: *Lat. Am. J. Phys. Educ* 7 (2). 275 – 283. Recuperado el 12 de diciembre de 2013 de: http://www.lajpe.org/jun13/LAJPE_777_Lilia_GarduA_o_preprint.pdf
- [16] HECHT E. (1987). *Física en perspectiva*. Estados Unidos: Addison Wesley.
- [17] HEWITT P. (2004). *Física Conceptual*. (Novena edición). México: Ed Pearson.
- [18] INZAURRALDE M., ISI J., GARDERES J. (s.f.). *Telefonía celular*. Recuperado el 21 de diciembre de 2013 de: <http://cyberkamate.host56.com/celul.pdf>. Montevideo Uruguay: Universidad de la República.
- [19] LIMMAN O. (1989). *Fundamentos de Radio*. Barcelona: Marcombo.
- [20] MINISTERIO DE EDUCACION NACIONAL (MEN). (2004). *Formar en Ciencias: ¡El desafío!* Recuperado el 22 de julio de 2013 de: http://www.mineduacion.gov.co/1621/articles-81033_archivo_pdf. (Primera edición). Colombia: MEN.
- [21] MINISTERIO DE EDUCACION NACIONAL (MEN). (2006). *Estándares Básicos de Competencias*. Recuperado el 18 de julio de 2013 de: http://www.mineduacion.gov.co/1621/articles-116042_archivo_pdf3. (Primera edición). Colombia: MEN.
- [22] MONACHESI E., y OTROS. (2011). *Conceptos generales de Antenas*. Tucumán: Universidad Tecnológica Nacional.
- [23] MORENO H., GUARIN E. (Septiembre, 2010). Nociones Cuánticas en la escuela secundaria Un estudio de caso: *Lat. Am. J. Phys. Educ*. 4 (3) 669 – 676. Recuperado el 12 de diciembre de 2013 de: http://journaldatabase.org/articles/nociones_cuanticas_en_escuela.html

- [24] PADILLA D., GARZON I. (segundo semestre, 2008). El teléfono celular: una estrategia didáctica para la enseñanza del electromagnetismo: *Tecné, Epistme y Didaxis: TED*. (24) 103-112. Recuperado el 22 de febrero de 2013 de: <http://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/395>.
- [25] PUZZELLA A., LOPEZ N., ALBORCH A. (Junio, 2006). *Las radiaciones y sus efectos biológicos. Una indagación a docentes y alumnos desde la perspectiva Ciencia, Tecnología y Sociedad En: I Congreso de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación CTS+I*. Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación la Ciencia y la Cultura (OEI) & Otros. México.
- [26] REZENDE F., OSTERMANN F. (2006). Enseñanza – Aprendizaje en Brasil: Confrontando teoría y práctica en el inicio del siglo XXI. *Enseñanza de las Ciencias* 24 (3), 387 – 399. Recuperado el 31 de julio de 2013 de: <http://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v24n3p387.pdf>
- [27] SOKOLOFF D., LAWS P., THORNTON R. (Abril, 2007). Real time physics active learning labs transforming the introductory laboratory: *European Journal of Physics*.(28) S83 – S94. Recuperado el 22 de mayo de 2013 de: <http://www.physics.utoronto.ca/~key/PHY1600/PER%20Papers/Real%20Time%20Physics%20-%20SokoloffLaws.pdf>
- [28] SOKOLOFF, D. y OTROS. (2009). *Active Learning in Optics and Photonics, Training manual*. (Segunda edición). UNESCO.
- [29] SOYER L. (2005). *Wi Fi Instalar una red inalámbrica en casa*. Barcelona: ENI.
- [30] SZYMANCZYK O. (2013). *Historia de la Telecomunicaciones Mundiales*. (Primera edición). Buenos Aires: Dunken
- [31] TIPLER P. (1992). *Física II*. (Tercera edición). Barcelona: Reverte.
- [32] TOMASI W. (2003). *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*. (Cuarta edición). México: Pearson Educación.

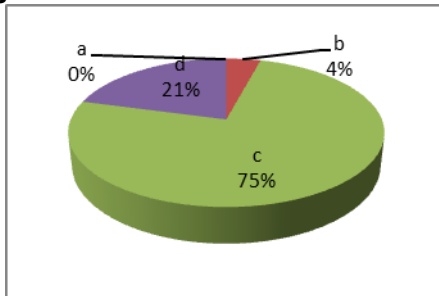
A. Anexo: Gráficas de Resultado de Prueba Diagnóstica

Pregunta 1

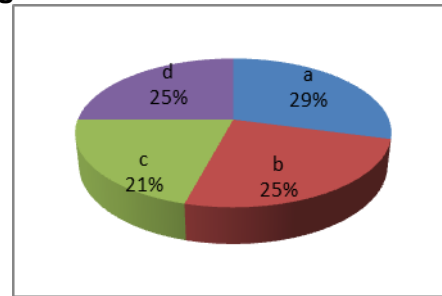


Pregunta 2**Pregunta 3****Pregunta 4****Pregunta 5****Pregunta 6****Pregunta 4****Pregunta 8****Pregunta 9**

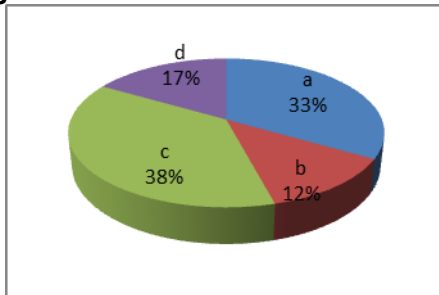
Pregunta 10



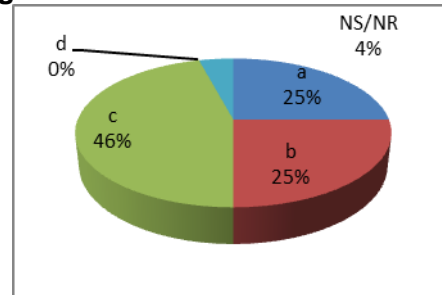
Pregunta 11



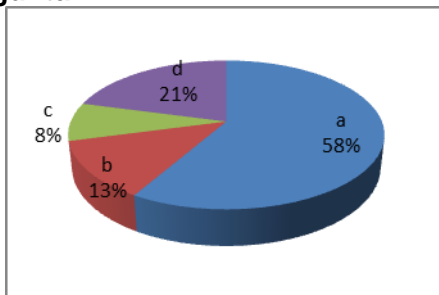
Pregunta 12



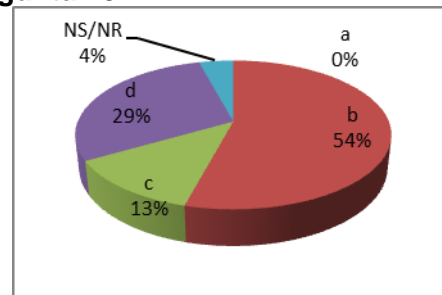
Pregunta 13



Pregunta 14



Pregunta 15

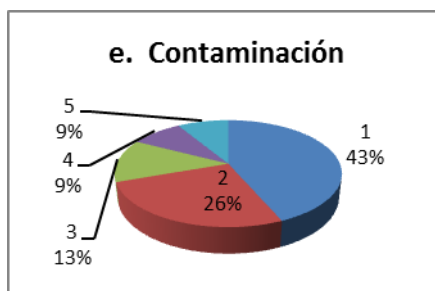
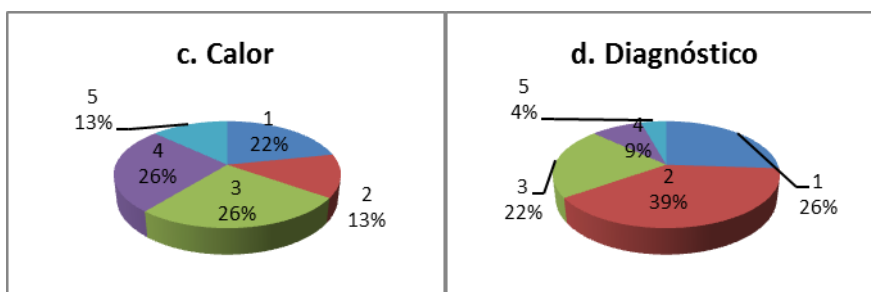
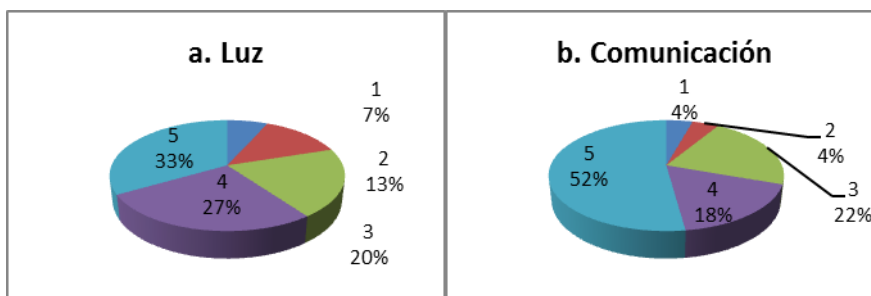


Pregunta 17

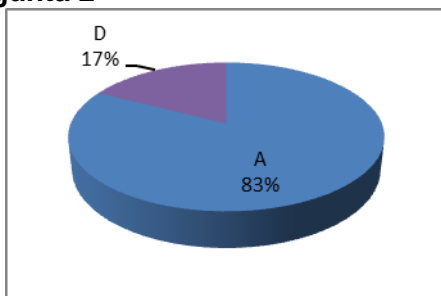
Dispositivos	Estudiantes que Marcaron
TV	10
Radio	19
Teléfono	14
WalkieTalkie	14
Radar	9
Celular	19
Wi Fi	21
Telégrafo	2
Fib. Óptica	1
GPS	19

B.Anexo: Gráficas de Resultado de Prueba Final

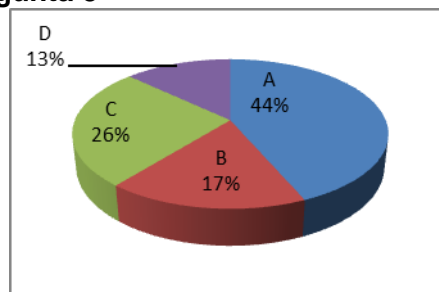
Pregunta 1



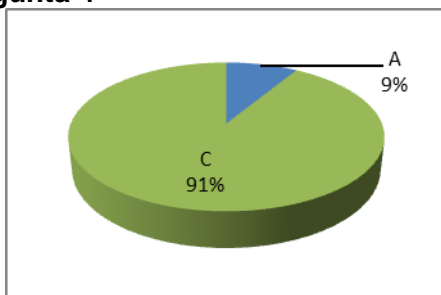
Pregunta 2



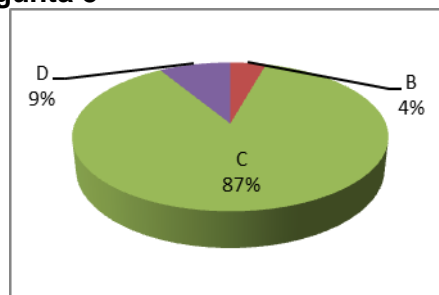
Pregunta 3



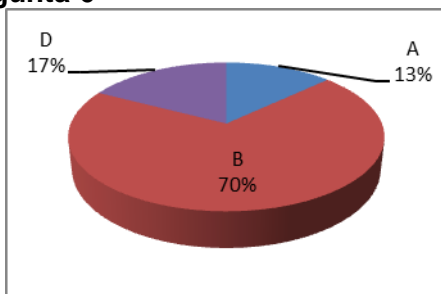
Pregunta 4



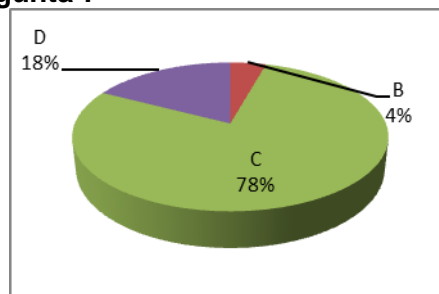
Pregunta 5



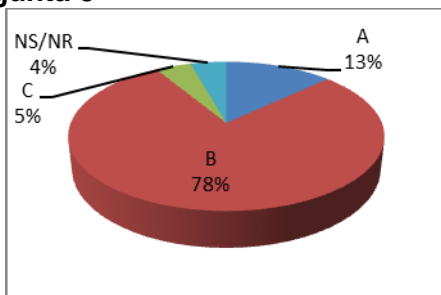
Pregunta 6



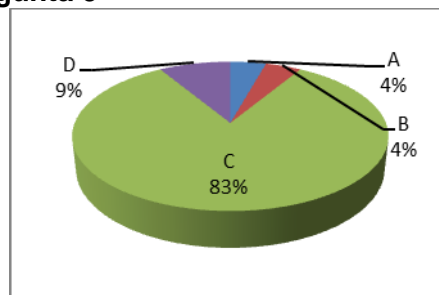
Pregunta 7

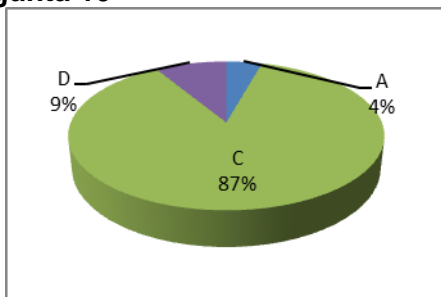
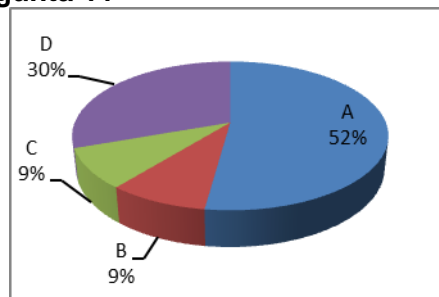
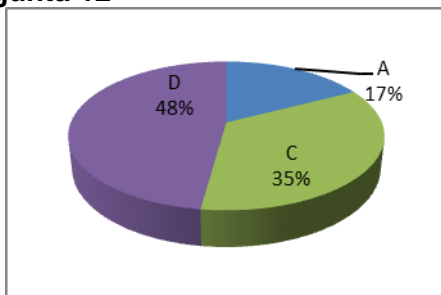
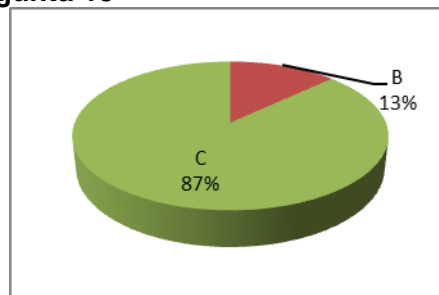
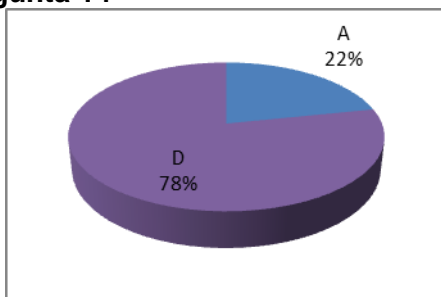
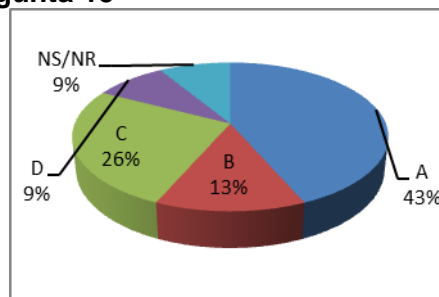


Pregunta 8



Pregunta 9



Pregunta 10**Pregunta 11****Pregunta 12****Pregunta 13****Pregunta 14****Pregunta 15****Pregunta 17**

Dispositivos	Estudiantes que Marcaron
TV	10
Radio	19
Teléfono	14
WalkieTalkie	14
Radar	9
Celular	19
Wi Fi	21
Telégrafo	2
Fib. Óptica	1
GPS	19

C.Anexo: Manual de la Práctica

Propuesta Didáctica:

Enseñanza de la Radiación Electromagnética a través de la
Metodología de Aprendizaje Activo

A continuación se presenta la propuesta didáctica que se aplicó en el
IED República Estados Unidos de América.

